

22.6

П27

Ю.Т. Перель

РАЗВИТИЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
О ВСЕЛЕННОЙ

14

9/283

к 85

КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ
ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ
УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

Колич. пред. выдач _____

91283

См. инв. 2000 16

691.76
2009

22.6

П-27

Ю. Г. ПЕРЕЛЬ

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВСЕЛЕННОЙ

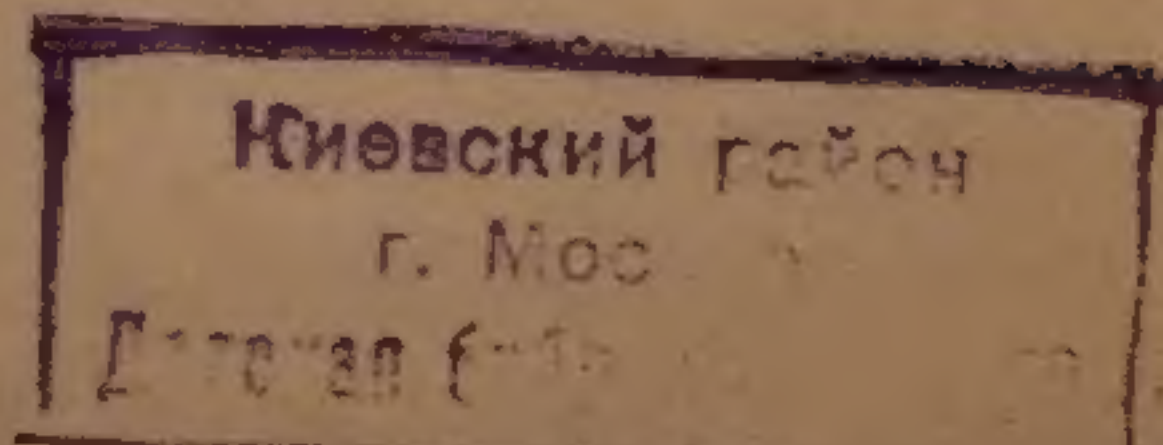
ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

Под редакцией
проф. Б. В. КУКАРКИНА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1962



91283

192

Предисловие
Предисловие
Введение

I. Косм

1. 3

2. А

3. У

4.

5. 3

6.

7. 1

8.

9. 0

II. Кос

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

III. Г

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Предисловие ко 2-му изданию	8
Введение	9
I. Космология древнего мира	13
1. Зарождение представлений о вселенной	13
2. Астрономия Древнего Востока	15
3. Первые века греческой науки	22
4. Космология Аристотеля	28
5. Эллинистическая астрономия	31
6. Аристарх и Архимед	34
7. Гиппарх	36
8. Китайская космология. Чжан Хэн	37
9. Система мира Птолемея	38
II. Космологические представления средневековья	43
1. Крушение античной культуры	43
2. Астрономия Китая и Индии в средние века	44
3. Европейская космология в раннее средневековье	47
4. Арабская астрономия и ее значение	51
5. Выдающиеся астрономы Средней Азии и Азербайджана	55
6. Европейская астрономия в позднее средневековье	61
7. Предшественники новой науки. Р. Бэкон. Николай Кузанский	65
III. Гелиоцентрическое учение и его развитие в XVI—XVII вв.	69
1. Начало эпохи Возрождения	69
2. Астрономия ко времени Коперника	71
3. Коперник	73
4. Первые успехи гелиоцентрического учения	86
5. Джордано Бруно	91
6. Кеплер	94
7. Изобретение телескопа. Галилей и его сткрытия	101
8. Космология Декарта	113
9. Наблюдательная астрономия XVII в.	117
10. Измерение Земли и солнечной системы	121
11. Ньютон и открытие закона всемирного тяготения	125
12. Космология Ньютона	131

IV. Начало изучения звездной вселенной и космологические идеи XVIII в.	134
1. Победа физики Ньютона	135
2. Первые достижения звездной астрономии	141
3. Первые гипотезы о строении звездной вселенной	145
4. Начало научной космогонии	149
5. Система мира Ламберта	154
6. Развитие астрономии в России в XVIII в.	159 +
7. Эйлер	164
8. М. В. Ломоносов	167
V. Развитие звездной астрономии и проблема строения вселенной в конце XVIII и в первой половине XIX вв.	174
1. Труды В. Гершеля по звездной астрономии	174
2. Звезды и туманности во вселенной	181
3. Космогония Лапласа	184
4. Развитие методов астрономических наблюдений	187
5. В. Я. Струве и его звездно-астрономические труды	191
6. М. А. Ковальский и идея вращения Галактики	201
7. Идея множественности звездных систем; открытия Парсонса	204
VI. Борьба материализма и идеализма в космологии второй половины XIX в.	209
1. Открытие спектрального анализа; начало развития астрофизики	209
2. Взгляды О. В. Струве на строение звездной вселенной	214
3. Проблема бесконечности вселенной. Ф. Энгельс и «Диалектика природы»	217
VII. Кризис естествознания в конце XIX и в начале XX вв. и его отражение в астрономии	223
1. Борьба материализма и идеализма в науке нового времени	223
2. Кризис физики Ньютона. Лобачевский и новая геометрия	225
3. «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленина и его роль в преодолении кризиса естествознания	231
4. Кризис в космологических воззрениях	233
5. «Вселенная и атом»	239
VIII. Начало и развитие внегалактической астрономии	241
1. Начало изучения переменных звезд-цефеид	241
2. Вклад русских ученых в изучение вселенной в конце XIX и в начале XX вв.	245
3. Дискуссия Шепли и Кёртиса о строении вселенной	249
4. Открытия Хаббла	253

IX. Современные представления о вселенной	257
1. Картина бесконечной вселенной	257 +
2. Великое многообразие звезд	259
3. Звезды и межзвездная материя в Галактике	264
4. Строение Галактики	269
5. Многообразие галактик	277
6. О шкале внегалактических расстояний	287
7. Сверхгалактики и Метагалактика	291
8. Космическое радиоизлучение	299
X. Развитие вселенной в свете современных космогонических представлений	302
1. Крушение старых космогонических гипотез	302
2. Звездные ассоциации и проблема происхождения звезд	307
3. Пути развития звезд	313
4. Некоторые другие вопросы космогонии	318
5. Новейшие достижения в изучении строения и развития вселенной	324 +
XI. Борьба материализма и идеализма в современной космологии	333
1. Критика идеалистической космологии	333
2. Современная космология и теория относительности	342
3. Успехи и задачи современной космологии	353
XII. Жизнь во вселенной	360
Указатель имен	388

Задач
круг чита
вitiem п
глубокой
ной пере
бел, суш
туре.

В не
стоятели
и в сре
средств
однако,
в новое

В на
и в сжа
ности
Китая
ной до
новны
лено
строен
перед
протя

За
мощь
глубо
седате
Акаде
зико-
фило
Н. П

ПРЕДИСЛОВИЕ

Задача настоящей книги — ознакомить широкий круг читателей с историей «открытия вселенной», с развитием представлений о вселенной, начиная с воззрений глубокой древности и кончая завоеваниями современной передовой науки. Автор стремился восполнить пробел, существующий в нашей научно-популярной литературе.

В некоторых ранее изданных книгах, в которых обстоятельно изложена история астрономии в древности и в средние века, деятельность Коперника и его непосредственных продолжателей, слишком мало внимания, однако, уделено развитию представлений о вселенной в новое время, начиная с XVIII в.

В настоящей книге автор знакомит читателей, хотя и в сжатом виде, с крупнейшим вкладом в науку древности и средневековья, который был сделан народами Китая и Индии. Но, в общем, история познания вселенной до начала XVIII в. освещается кратко, в самых основных своих чертах. Главное же внимание в книге уделено изложению развития прогрессивных взглядов на строение и эволюцию вселенной и истории борьбы за передовое научно-астрономическое мировоззрение на протяжении XVIII и XIX вв. и в современную эпоху.

За исключительно ценную и благожелательную помощь в процессе работы над книгой автор приносит глубокую благодарность проф. Б. В. Кукаркину, председателю комиссии истории астрономии Астросовета Академии наук СССР П. Г. Куликовскому, канд. физико-математических наук А. Л. Зельманову, канд. философских наук А. С. Арсеньеву и редактору книги Н. П. Ерпылеву.

Ю. Г. Перель

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В настоящее издание книги внесены необходимые дополнения.

Прежде всего представилось необходимым сжато изложить достижения последних лет в области внегалактической астрономии и космогонии. Добавлен также небольшой раздел о трудах русских ученых по звездной астрономии в конце XIX и в начале XX вв. Весь текст первого издания пересмотрен и в него внесены необходимые коррективы в свете новых исследований по истории науки.

Автор выражает глубокую благодарность доктору физ.-мат. наук Т. А. Агекяну, высказавшему в своей рецензии на первое издание («Астрономический журнал», 1959, № 3) ряд ценных критических замечаний и рекомендаций, проф. Б. В. Кукаркину, вновь просмотревшему весь текст книги, и редактору книги канд. физ.-мат. наук Н. П. Ерпылеву.

Ю. Г. Перель

ВВЕДЕНИЕ

История человеческой культуры неразрывно связана с историей развития взглядов на устройство окружающего мира, постепенного раскрытия и уяснения объективных законов природы.

Современная наука достигла выдающихся успехов в деле познания глубин вселенной в пределах, доступных исследованию с помощью современных наблюдательных средств. Первая роль в этом отношении принадлежит астрономии — науке о строении и развитии небесных тел и их систем. Достижения астрономии раскрывают безграничную картину мироздания, подрывают основы религиозно-идеалистического мировоззрения и развивают учение философии диалектического материализма о бесконечности и материальности вселенной, о ее познаваемости. Нередко при изучении вселенной обнаруживаются новые ее закономерности, которые как будто противоречат сложившимся за долгие века представлениям о природе материи; таким образом, астрономические открытия способствуют познанию многообразия форм и свойств материи.

Успехи астрономии тесно связаны с успехами других наук, в первую очередь физики. Раскрытие природы материи во всем ее бесконечном разнообразии и в великом диапазоне — от мельчайших деталей микромира до глубин Метагалактики — является основной задачей современной науки и вместе с тем определяющим направлением в ее развитии. В решении этой задачи, в неуклонном и последовательном расширении границ познания, астрономии принадлежит выдающаяся роль. В связи с этим особое значение приобретает изучение истории развития взглядов на устройство вселенной, возникавших и прогрессирующих на основе астрономических

наблюдений и открытий, во взаимодействии с успехами и достижениями других отраслей естествознания. Развитие науки на всех этапах истории человечества прежде всего определялось и определяется материальными условиями существования человеческого общества. Однако возникновение и усовершенствование отдельных отраслей науки проходило неравномерно. В первую очередь возникали те области знания, которые служили первейшим потребностям жизненной практики.

Астрономия является одной из древнейших наук. Ее зарождение в глубокой исторической древности было связано с необходимостью ориентировки по звездам при сухопутных и морских путешествиях и с задачей установления возможно более точного календарного счета времени, соответствующего сезонной смене явлений природы. К. Маркс указывал, что «необходимость вычислять периоды разлития Нила создала египетскую астрономию, а вместе с тем господство касты жрецов как руководителей земледелия»^{*)}. Ф. Энгельс, подчеркивая, что возникновение и развитие наук обусловлено практическими нуждами человечества, и указывая последовательность появления различных отраслей науки, писал: «Сперва астрономия, которая уже из-за времен года абсолютно необходима для пастушеских и земледельческих народов»^{**)}. Он отмечал, далее, что астрономия не могла развиваться без помощи математики, а поэтому необходимость разработки астрономии уже на начальных ее стадиях вызывала и необходимость совершенствования математических знаний. И все последующее развитие астрономии, обусловленное растущими требованиями жизненной практики в условиях смены социально-экономических формаций, протекало и в нашу эпоху продолжает осуществляться в теснейшем взаимодействии с развитием других наук.

Практическое значение астрономии возрастало по мере развития производительных сил, предъявлявших все большие и большие требования к науке и технике. Астрономия развивалась, а в связи с этим менялись и при-

^{*)} К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XVII, стр. 562.

^{**)} Ф. Энгельс, Дialeктика природы, Госполитиздат, 1950, стр. 145.

обретали качественно новое содержание представления об устройстве вселенной. Вместе с тем неизменно возрастало идеологическое значение астрономии, ее роль в обосновании передовых, материалистических научно-философских воззрений. Астрономия стала могучим оружием прогрессивной мысли в ее борьбе против религиозного обскурантизма и религии вообще, против различного рода идеалистических учений и об исключительном положении в ней Земли. Однако нужно отметить, что идеализм пытался и пытается использовать астрономию для обоснования теологического миропонимания.

Освобождению естествознания от власти теологии способствовали в первую очередь правильно истолкованные астрономические открытия. Как известно, началом этого было опубликование в 1543 г. труда Н. Коперника «*De revolutionibus orbium coelestium*» («Об обращении небесных сфер»), в котором было опровергнуто согласное с религиозной догматикой геоцентрическое мировоззрение, Земле отводилось скромное место одной из планет солнечной системы.

Полное освобождение естествознания от теологии может быть достигнуто только на основе победы материалистического мировоззрения и полного преодоления религиозно-идеалистических взглядов. На основе учения Коперника астрономия успешно развивалась. Современные представления о вселенной далеко превзошли то, что было известно науке эпохи Коперника и первых веков после нее. Однако идеалистические представления о мироздании и их теологическое истолкование также прошли своеобразную эволюцию, претерпели соответствующие изменения; в настоящее время, как и прежде, они представляют реакционное направление в науке, стремящееся истолковать астрономические и физические открытия в целях поддержки и укрепления антинаучного и откровенно фидеистического миропонимания.

И в современную эпоху борьба материализма и идеализма в науке о вселенной продолжается, но она приобрела иные формы. Диалектико-материалистическое мировоззрение является теоретической основой социализма, социально-экономической системы, объединяющей в настоящее время почти две пятых человечества. Оно

является теоретической базой строительства коммунизма в нашей стране. Для передовой материалистической науки особенно характерна ее направленность на решение узловых проблем естествознания, на правильное истолкование данных опыта и наблюдения. Это ярко проявляется и в области астрономии. Не случайно большое число научных исследований, открывающих пути для решения проблемы строения вселенной, происхождения и развития звездных систем и звезд и являющихся крупнейшим вкладом в мировую науку, выполнено за последнее десятилетие советскими учеными. Большинство ученых капиталистических стран, в том числе и астрономов, ставящих своей целью объективное исследование природы, сознательно или стихийно, также разделяют материалистические взгляды. Таким образом, в нашу эпоху на основе передового научно-философского мировоззрения, в острой борьбе с отсталыми представлениями происходит бурный прогресс в науке о вселенной.

Астрономия — наука, основанная на наблюдении и опыте. Даже первоначальные сведения о небесных явлениях могли быть получены только в результате систематических наблюдений неба. Постепенно развиваясь и накапливаясь на основе все более и более совершенствовавшихся наблюдательных средств и навыков, эти наблюдения не только служили делу удовлетворения возраставших запросов жизненной практики, но и являлись тем фундаментом, на котором складывались и развивались космологические представления *). Таким образом, история развития взглядов на устройство вселенной теснейшим образом связана с историей астрономии — как науки, с созданием все более и более эффективных методов изучения небесных тел. Однако изложение истории астрономии во всех ее направлениях не является задачей настоящей книги. Она посвящена только истории представлений о строении и развитии вселенной.

*) Греческое слово «космос» означает вселенную, понимаемую как единое целое, как совокупность небесных тел и их систем. Поэтому представления о строении и развитии вселенной именуются космологическими представлениями, а учение о строении и развитии вселенной в целом носит название космологии.

І. КОСМОЛОГИЯ ДРЕВНЕГО МИРА

1. Зарождение представлений о вселенной

Древнейшие представления о мироздании сложились в далекую от нас доисторическую эпоху, задолго до образования первых государств, в условиях первобытно-общинного строя. Многие легенды и сказания о сотворении мира и об управляющих им силах, сохранившиеся в фольклоре и в памятниках древней литературы многих народов, возникли за несколько тысяч лет до нашей эры. Это была эпоха, когда человек в своей борьбе за существование умел использовать лишь ничтожную долю сил природы, но источники и сущность этих сил оставались, как и много столетий (и даже тысячелетий) спустя, непознанными и поэтому казались таинственными. Бессилие человека перед природой обуславливало зарождение и развитие веры в сверхъестественные силы, которые будто бы создали мир и самого человека и регулируют все явления, происходящие в природе. Таким образом, представления о происхождении и об устройстве мира формировались в тесной связи с ранними религиозными верованиями, с легендами о создателе (или создателях) мира. При этом образ создателя мира и вершителя его судеб постепенно приобретал все более антропоморфный *) характер: «Человек создал бога по своему образу и подобию», — заметил немецкий философ-материалист Л. Фейербах (1804—1872).

Ранние представления о мироздании были наивно-материалистическими. В них не было и речи о творении

*) От греческого антропос — человек. Антропоморфный — человекоподобный.

мира из ничего, такой процесс не мыслился возможным. Весь видимый мир и сам человек представлялись созданными из чего-то существовавшего раньше,— например, из водной стихии или из первоначального бесформенного хаоса. Сама идея о единовременном сотворении мира из ничего возникла значительно позднее и наиболее полное воплощение получила в еврейской и христианской религиях.

Наивность первобытного материализма заключалась не только в том, что безусловное убеждение в реальности всего существующего в природе совмещалось в нем с верой в сверхъестественные силы, но, прежде всего, в том, что человек считал мир и все наблюдаемые в нем явления такими, какими они усматривались его чувственным восприятием. О критическом отношении к данным чувственного опыта ни тогда — задолго до зарождения науки, — ни много позднее еще не могло быть речи. Так складывалось то первоначальное миропонимание, которое впоследствии стало именоваться наивным (донаучным) реализмом.

Уже на ранних этапах развития общества отдельные небесные светила и звездное небо в целом играли большую роль как в практической жизни, так и в развитии представлений об устройстве мира и о его происхождении. Зарождающееся земледелие было действенным стимулом для выяснения связи небесных явлений с изменениями, происходящими на Земле, — со сменой дня и ночи, сменой времен года. Эта связь, по-видимому, хорошо известная ко времени образования первых государств на Востоке, не могла быть, однако, объяснена в то время. Отсутствие достоверного объяснения послужило причиной того, что небесным светилам стали приписывать прямую связь с божественными силами, управляющими миром. Уже в ранних политеистических (многобожеских) религиях зародилась идея о противопоставлении земного и небесного, позже воспринятая монотеистическими (единобожескими) религиями и всегда, наряду с другими религиозными предрассудками, препятствовавшая развитию знаний о вселенной.

2. Астрономия Древнего Востока

С образованием рабовладельческого общества, появлением первых рабовладельческих монархий — Древнего Египта, Вавилонии, Китая и Индии — развитие произво-



Древнеегипетское изображение восхода Солнца

дительных сил поставило перед астрономией такие задачи, для решения которых безусловно необходимо было более близкое знакомство с небом и небесными явлениями. В новых условиях для земледелия уже недостаточно было поверхностного знания связи между годичным перемещением Солнца среди звезд и сменой времен года. Необходимость установления точной продолжи-

тельности гола как основы календарного счета времени потребовала регулярных астрономических наблюдений, в ходе которых уже сравнительно скоро были выделены на небе 12 зодиакальных созвездий, по которым совершается видимое годичное движение Солнца.

В рабовладельческом обществе религии принадлежала очень большая роль: она являлась идейным защитником и опорой существующего строя, утверждая его справедливость и незыблемость. Прочность рабовладельческого общества могла быть основана только на покорности и невежественности угнетенных классов. Для поддержания своего авторитета царская власть и служители культа стремились воспрепятствовать широкому распространению знаний о небе среди народа. Так, в Египте и Вавилонии наблюдение неба и толкование небесных явлений на долгие века и даже тысячелетия стало монопольным правом служителей религии — жрецов. Несколько иное положение сложилось в Древнем Китае, где очень рано, по-видимому, уже в начале 2-го тысячелетия до н. э., наблюдениями неба занимались специалисты-астрономы. Этим, безусловно, объясняется тот факт, что именно в Китае раньше, чем в других странах, были сделаны открытия, связанные с именами светских ученых.

Древние памятники египетской и вавилонской письменности свидетельствуют о том, что астрономические наблюдения, хотя и в тесных стенах храмов, проводились систематически и за долгие века способствовали накоплению первоначальных знаний о небе и их практическому применению.

Уже в древнейшую эпоху истории Вавилонии — шумерскую *) — существовало четкое представление о четырех странах света. В 2400—2200 гг., в эпоху Аккада, в Вавилонии проводились в широком масштабе

*) Шумеры — древнейшее население Вавилонии, создавшее самобытную культуру уже в четвертом тысячелетии до н. э. Происхождение и этническая принадлежность шумеров пока не выяснены. В течение третьего тысячелетия до н. э. в Вавилонии господствующее положение заняли семитические народы, объединившие под своей властью всю Вавилонию и в значительной степени усвоившие культуру шумеров (эпоха Аккада).

91283



Культ Солнца в Вавилоне.

Киевский район
г. Москва
Детская библиотека № 23

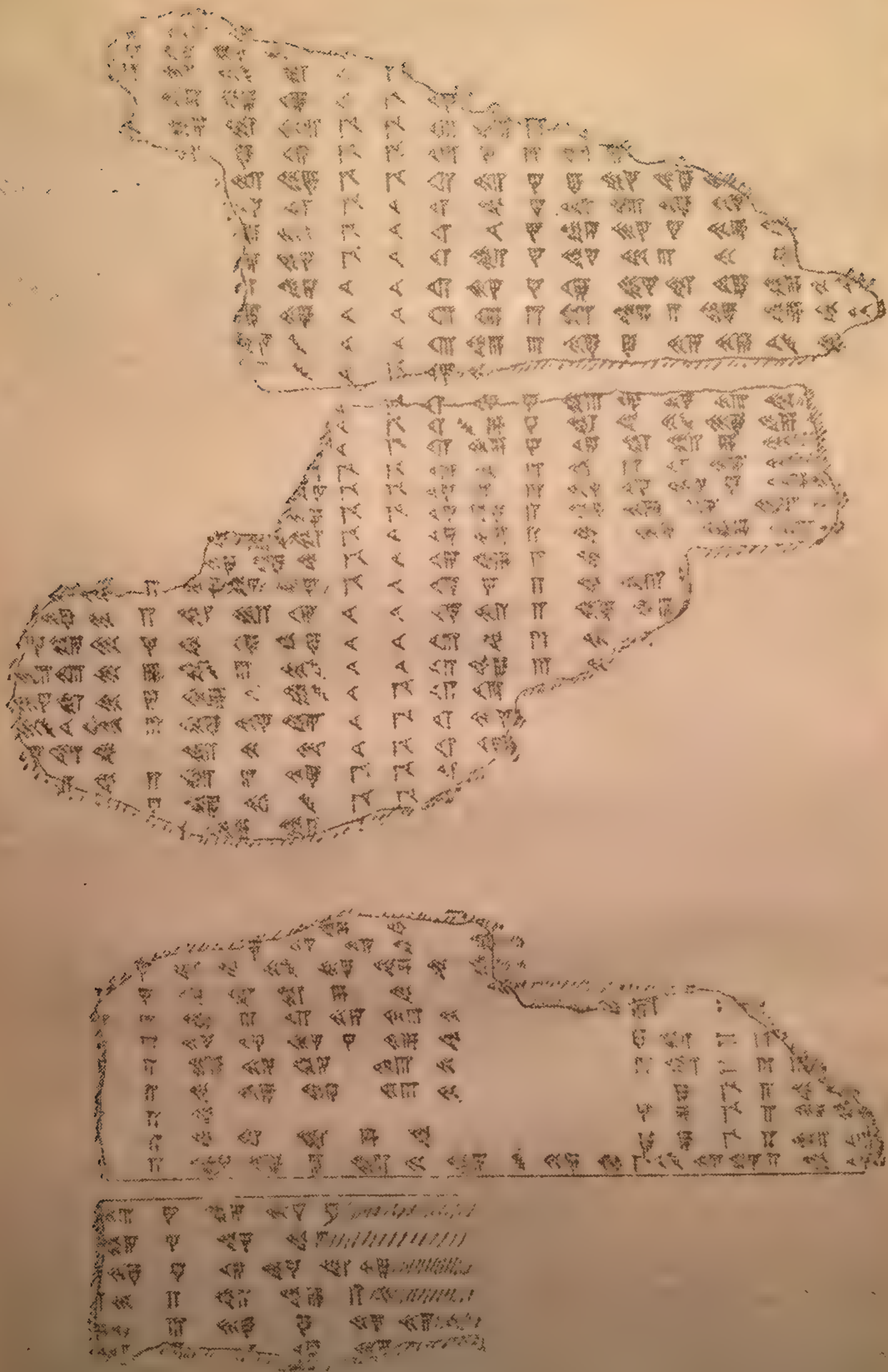
землемерные работы, что свидетельствует о наличии некоторых геометрических знаний, необходимых также и для астрономических расчетов. Было усвоено понятие о плоскости эклиптики *), а звездное небо разделено на созвездия. Среди неподвижных звезд очень давно были обнаружены пять «блуждающих» светил — планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн).

Аналогичные успехи в области астрономии были достигнуты и в Египте — в эпоху так называемого Древнего царства и при первых династиях Среднего царства (3-е и начало 2-го тысячелетия до н. э.). Дальнейший прогресс в развитии знаний как в Вавилонии, так и в Египте протекал очень медленно: иначе и не могло быть в условиях застойного рабовладельческого общества при крайне медленном развитии производительных сил. Относительно более быстро развивалась вавилонская астрономия в VIII—VI вв. до н. э., незадолго до падения Вавилона, когда уже был открыт сарос — период по истечении которого в той же последовательности повторяются солнечные и лунные затмения.

Многовековые астрономические наблюдения в Вавилонии и Египте не привели, однако, к созданию научных представлений о Земле и небе. Возникновению и развитию таких представлений препятствовали мистический характер вавилонской и египетской религий и господство жрецов над духовной жизнью народов. Вавилонская и египетская космология полностью определялись религиозными верованиями. По воззрениям вавилонских жрецов Земля признавалась не плоской, а выпуклой, как арочный свод. Считалось, что над ним находится выпуклый же свод неба, внутри которого совершаются наблюдаемые движения светил. Египетские воззрения были еще более примитивны: Землю считали плоской, а небо рассматривали как крышку над этой плоскостью.

Выше отмечалось, что уже в глубокой древности небесным светилам приписывалась связь с божественными силами. Открытие планет и наблюдения их движений,

*) Эклиптика — большой круг небесной сферы, по которому совершается видимое годичное движение Солнца. Вдоль эклиптики располагаются зодиакальные созвездия. Плоскость эклиптики наклонена к плоскости небесного экватора примерно на $23\frac{1}{2}^\circ$.



Вавилонский астрономический текст.

необъяснимых в то время, привели к возникновению веры в магическое влияние этих блуждающих светил на земные события, в частности на судьбу народов и отдельных людей. Так зарождалась уже в глубокой древности лженаука — астрология. И тогда, и значительно позднее астрология играла роль известного дополнительного стимула для поощрения астрономических наблюдений, но она уводила в сторону от правильного объяснения наблюдаемых явлений и была проявлением наиболее грубого и вредного по своему влиянию суеверия. Поэтому астрология, даже и стимулируя наблюдения, всегда оставалась серьезным препятствием для развития научного мировоззрения.

Как уже было сказано, в Китае, также в условиях рабовладельческой монархии, сложились более благоприятные условия для развития науки, в частности астрономии. Уже около 1100 г. до н. э. китайский ученый Чу Конг определил величину угла наклона эклиптики к экватору, и притом довольно точно для своего времени. К VIII и VII вв. относятся первые из известных записей о наблюдениях в Китае солнечных затмений и комет. Есть, однако, основания полагать, что последовательность затмений была открыта в Китае на много веков раньше.

Именно в Китае, конечно в тесной связи с развитием изучения природы, смогли сложиться научно-философские представления о мироздании, не только выходявшие за рамки религиозных догм, но и вступавшие в конфликт с ними. Среди философских учений, возникших в Китае, выделяется учение философа Лао Цзы (VI—V в. до н. э.), изложенное несколько позднее его последователями. Учение Лао Цзы, охватывающее как воззрения на природу, так и вопросы общественной жизни, имело крупное влияние на развитие китайской науки и философии. В учении Лао Цзы проводится атеистическая мысль, что все в мире возникает и развивается своим путем, без всякого участия божественных сил. Отрицательной стороной учения Лао Цзы был его умозрительный характер, отрыв от наблюдений и опыта. Другие учения о строении вселенной, основанные уже на опытном исследовании природы, возникли в Китае в более поздние века.

Культура Индии также является одной из древнейших на Земле. Уже в так называемый ведийский период истории Индии *) проводились астрономические наблюдения, давшие возможность уяснить видимое движение светил по небу. Но расцвет индийской астрономии, а вместе с тем и создание оригинальных представлений об устройстве мира относится уже к первым векам нашей эры.

Древний Египет и Вавилония как самостоятельные государства прекратили свое существование во второй половине VI в., когда они были поглощены вновь возникшим Персидским государством, объединившим под своей властью огромные территории Ближнего и Среднего Востока.

Однако астрономия продолжала развиваться и после того, как оба эти государства утратили политическую самостоятельность, а со временем она достигла и там и здесь даже значительных успехов. Но судьбы египетской и вавилонской культур были различны.

Вавилонская культура продолжала существовать на самобытной основе в течение нескольких веков после гибели Вавилонской империи. По-прежнему там велись астрономические наблюдения и процветала астрология. Но, начиная с VI в., вавилонские астрономы стали уделять большое внимание также и уяснению закономерностей в движениях планет. Математика в Вавилонии достигла значительных успехов еще в Шумерскую эпоху и продолжала, хотя и медленно, развиваться и в последующие два тысячелетия. Это дало возможность вавилонским астрономам уже в VI—IV вв. до н. э. предпринять попытки математического истолкования наблюдаемых неравномерностей движения планет. Так, вавилонский астроном Кидинну (вторая половина IV в.) утверждал,

*) В древней Индии уже в третьем тысячелетии до н. э. возникли крупные государства. Развалины древних городов свидетельствуют о высоком уровне культуры в эту эпоху, которая называется ведийской — по названию Вед — литературных памятников, созданных в то время. Во втором тысячелетии до н. э. Индия была завоевана вторгшимися в нее арийскими племенами. Это завоевание повлекло разрушение древних памятников, вызвало временный упадок культуры. Ее возрождение наступило позднее — в последние века перед началом н. э.

что планеты в одни периоды движутся с равномерно возрастающей, а в другие — с равномерно убывающей скоростью. Есть данные, свидетельствующие о том, что вавилонские астрономы в эту эпоху допускали периодичность появления комет. Таким образом в трудах вавилонских астрономов как будто предвосхищались открытия, ставшие прочным достоянием науки только в XVII в. н. э. Но эти труды не получили дальнейшего развития; вавилонская культура постепенно пришла в упадок.

Египетская культура — и, может быть, в первую очередь астрономия — спустя два века после того, как Египет был завоеван персами, получила новое развитие, которое проходило теперь под влиянием греческой культуры, широко распространившейся к тому времени во многих странах, особенно в странах Ближнего Востока.

3. Первые века греческой науки

Наука Древней Греции начала развиваться в то время, когда Древний Египет и Вавилония уже клонились к упадку. Но начало истории Греции относится к эпохе за тысячелетия до этого. Критская островная культура и микенская культура на территории континентальной Греции по своему значению соперничали с египетской и вавилонской. Однако от этих культур, упадок которых наступил в XIV—XII вв. до н. э., не сохранилось никаких данных о состоянии астрономии.

В последующие века греки по уровню культуры отставали от своих предшественников. До VIII в. до н. э. в Греции еще сохранялся первобытнообщинный строй (так называемый гомеровский период греческой истории). Постепенно происходило разложение этого строя и формирование строя рабовладельческого. Но вместо централизованной рабовладельческой монархии, характерной для стран Древнего Востока, в Греции сложился новый тип города-государства (так называемый полис). В борьбе с родовой аристократией в основных греческих городах-государствах побеждали непривилегированные слои свободного населения (демос), в руках которых сосредоточивалась торговля и ремесло, приобретшие уже в VII—VI вв. широкий размах. К этому времени появ-

ляются греческие колонии на западном побережье Малой Азии (Иония) и на юге Италии, а также в Сицилии. Широкое развитие внешних торговых связей и заморская колонизация, наличие класса свободных граждан — носителей экономической и политической власти в полисах — все это обусловило, с одной стороны, близкое знакомство греков с культурой Древнего Востока, в первую очередь Египта и Вавилонии, а с другой стороны, — быстрое (начиная с VI в. до н. э.) развитие самостоятельной науки и культуры в самой Греции и в ее колониях.

Две особенности были характерны для греческой науки. Во-первых, это была уже не «храмовая», а светская наука. Во-вторых, именно в Греции совершился поворот от простого созерцания явлений природы и их наивно-реалистического толкования к попыткам научного объяснения, основанного на изучении явлений и поисках их действительных причин. Так начала развиваться греческая философия вначале как единая наука о природе, из которой в дальнейшем выделились отдельные науки — в первую очередь математика и астрономия.

Иония, расположенная в ближайшем соседстве со странами Древнего Востока, была родиной греческой философии. С ионийскими городами Милетом и Эфесом связана деятельность первых греческих материалистов: Фалеса, Анаксимандра и Гераклита.

Фалес (ок. 625—550 до н. э.) был одним из первых греческих астрономов. С его именем связывается предсказание солнечного затмения 585 г. до н. э. Появление астрономии в Греции и ее дальнейшее развитие совершались на основе геометрических знаний, заимствованных из Египта, где измерительная геометрия достигла довольно высокого уровня. В космологии Фалеса Земля рассматривается как плоское тело, окруженное водой. Вода, по учению Фалеса, — основа всего сущего, первичная материальная субстанция мира, из которой в конечном счете образовались и Земля и все наблюдаемое в природе. Эта идея Фалеса о первичной субстанции получила дальнейшее развитие у его ученика и последователя Анаксимандра (ок. 610—546 до н. э.). Но Анаксимандр такой субстанцией считал не воду, а «материю

как таковую», беспредельную, вечную и неопределенную, находящуюся в движении, переходящую из одного состояния в другое. Земля, по Анаксимандру, имеет форму цилиндра и занимает центральное положение в видимом мире. Таких миров во всей необозримой вселенной может быть бесчисленное множество. Земля покоится не на воде и не на каком-либо ином основании, а просто в пространстве, ничем и никем не поддерживаемая. Размеры небесной сферы огромны по сравнению с размерами самой Земли.

Гераклит из Эфеса (ок. 540—480 до н. э.) не занимался какими-либо астрономическими изысканиями. Его имя известно благодаря той выдающейся роли, которую он сыграл в развитии научно-философской мысли как основоположник диалектики. Согласно взглядам Гераклита, мир един и вечен, он не создан «ником из богов и никем из людей». В мире все течет и все изменяется, и поэтому задача науки — познавать природу в ее непрерывном развитии.

Во второй половине VI в. другая философская школа возникла в греческой колонии на юге Италии. Ее основателем был Пифагор (ок. 580—500). Крупнейшей заслугой Пифагора и его последователей (пифагорейская школа) была разработка математики, в первую очередь геометрии, оказавшей весьма плодотворное влияние на последующее развитие греческой астрономии. В то же время для пифагорейской школы характерна абсолютизация математических понятий и отрыв их от материальной действительности *). Пифагор, по-видимому, впервые выдвинул идею о шарообразности Земли, хотя неизвестно, какие доводы он приводил для ее обоснования. Высказывавшееся неоднократно предположение, согласно которому Пифагор был основоположником идеи о движении Земли, вряд ли справедливо. Первое известное

*) Пифагорейцы исходили из правильного положения, что в природе существуют количественные закономерности и количественные связи между явлениями. Однако они ошибочно считали числа и геометрические понятия первоосновой всего существующего. Поэтому отыскание объективно существующих в природе числовых закономерностей у них подменялось стремлением навязать природе надуманные закономерности («гармония чисел», будто бы заложенная в природе).

нам высказывание о движении Земли связано с именем пифагорейца Филолая, жившего в V в. до н. э. Однако идея Филолая об обращении Земли и других небесных тел вокруг «центрального огня», высказанная в туманной форме, не имела влияния на современников, а потом и вовсе была забыта.

Особое место в истории античной космологии занимает великий философ-материалист, основоположник атомистической теории Демокрит (ок. 460—370 до н. э.).

В учении Демокрита вселенная бесконечна и состоит из атомов (неделимых и вечных) и пустоты. Из атомов в результате их вихревых движений образуется бесконечное множество миров — не вечных, разрушающихся со временем. На основе своей материалистической концепции Демокрит высказал ряд гениальных догадок, предвосхитивших многие открытия будущих веков. Он считал размеры Солнца огромными по сравнению с размерами Земли. Луна, как утверждал Демокрит, не имеет собственного света, а светит отраженным светом Солнца. Демокрит впервые высказал мысль, что Млечный Путь — это собрание огромного множества звезд.

Философско-космологические взгляды Фалеса, Анаксимандра, Гераклита, Демокрита и их последователей отражали передовое, материалистическое направление греческой философии, развивавшееся в борьбе с направлением идеалистическим, которое также было представлено рядом философских школ. Для этих школ были характерны либо отход от изучения природы, подмена материального мира миром идей (элейская школа в VI—



Демокрит (ок. 460—370 до н. э.).

V вв. до н. э.; позднее, в IV в. до н. э., эти же взгляды развил Платон), либо скептицизм, утверждение непознаваемости внешнего мира (начиная с IV в. до н. э.), доходившее до солипсизма — утверждения о невозможности доказать существование кого-либо или чего-либо кроме самого себя *). Борьба материализма и идеализма, ярко проявившаяся уже в античную эпоху, проходит сквозь всю историю научно-философского и, в частности, научно-астрономического мировоззрения и на Востоке и на Западе.

Несмотря на блестящие догадки Демокрита и на высказывания Филолая (а, может быть, и высказывания других мыслителей, не дошедшие до нас), в греческой науке все больше укреплялись идеи центрального положения Земли в мироздании. Накопленные геометрические знания дали возможность греческим ученым уже в первой половине IV в. попытаться объяснить закономерности видимого движения небесных тел (Солнце, Луна, планеты), толкуя их как действительное движение. Вавилонские наблюдатели в свое время уже подметили эти закономерности, но они не могли создать математическую теорию, объясняющую наблюдаемые особенности движений небесных тел. Это было сделано в Греции, когда Евдокс Книдский (ок. 410—355 до н. э.) выдвинул свою теорию движения Солнца, Луны, планет и звезд вокруг неподвижной Земли. При этом Евдокс, как и позднейшие греческие ученые, считал, что движения небесных тел могут быть только круговыми. Однако представить движения Солнца и Луны как круговые оказалось трудным делом, так как уже и тогда было известно, что видимые движения этих светил сложны и многообразны. Например, Солнце совершает суточное обращение, присущее всем светилам, а также годичное обращение по эклиптике; при этом в разные времена года Солнце движется по небу с разной скоростью. Евдокс предположил, что движение Солнца регулируется тремя сферами, вращающимися вокруг Земли так, что каждая сфера, проходящая через центр Земли, наклонена под определенным углом к оси другой сферы. Одна

*) От латинского *solus ipso* — один только я.

сфера производит суточное обращение Солнца, другая — годовое, третья — малые движения, обуславливающие ускорение и замедление прохождения Солнца по небу. Аналогичным образом и движение Луны, в котором ко времени Евдокса уже были подмечены неправильности (неравенства), также объяснялось комбинацией трех сфер. Сложнее обстояло дело с планетами, в движении которых также были замечены многие неправильности: планеты движутся среди звезд не всегда с одинаковой скоростью, иногда они останавливаются и затем некоторое время движутся в обратную сторону («попятное» движение). Для того чтобы объяснить эту сложность движения планет, Евдокс для каждой из пяти планет принял комбинацию четырех сфер. Легче оказалось представить движение звезд, так как они не меняют своих взаимных положений на небе и их суточное обращение вокруг Земли представлялось как единственное движение, не нарушенное какими-либо неправильностями. Звезды, по Евдоксу, расположены на одной сфере, следовательно, они все находятся на одинаковом расстоянии от Земли, причем дальше, чем другие небесные тела. Сфера звезд как бы замыкает вселенную. Таким образом, схема Евдокса, представлявшая видимые движения небесных светил, состояла из 27 сфер. Позже греческие ученые внесли ряд изменений в схему Евдокса, дополнив ее новыми сферами для объяснения тех или иных не подмеченных ранее особенностей видимых движений. Не следует думать, что сферы Евдокса представлялись как нечто материальное. Это была только первая математическая схема, созданная для представления видимых движений известных тогда небесных тел.

В развитии космологических представлений (при всей их примитивности с современной точки зрения) и в попытках объяснения геометрической закономерности в движениях небесных тел наука Греции опередила науку других, современных ей стран. Наблюдательная же астрономия и, прежде всего, определение положений звезд, являющееся основой для применения астрономии при сухопутных и морских путешествиях и в иных сферах практической деятельности, значительное развитие получила в Китае. Уже в IV в. до н. э. в Китае был

составлен первый из известных звездных каталогов, содержащий положения нескольких сотен звезд с достаточной для того времени точностью. Составление этого каталога обычно в литературе связывается с именем китайского астронома Ши Шеня. Вполне вероятно, однако, что каталог является результатом коллективного труда многих китайских астрономов и, возможно, составление его было начато еще до IV в. Так или иначе, этот каталог был крупнейшим достижением астрономов Древнего Китая. Этот труд наряду с аналогичными трудами других китайских ученых отражал высокий уровень наблюдательной и опытной науки в Китае того времени.

В эту эпоху в китайской философии большое влияние приобрело философское учение, основоположником которого был великий философ Конфуций. Основные идеалистические положения его учения, в которых много внимания уделялось изучению и толкованию природы, совмещались с отдельными материалистическими элементами. Ведущее место, однако, в Китае занимали материалистические взгляды на природу, уже в начале нашей эры приведшие к космологическим обобщениям, которые, как об этом будет сказано далее, в некоторых отношениях шли дальше, чем обобщения, делавшиеся греческой наукой.

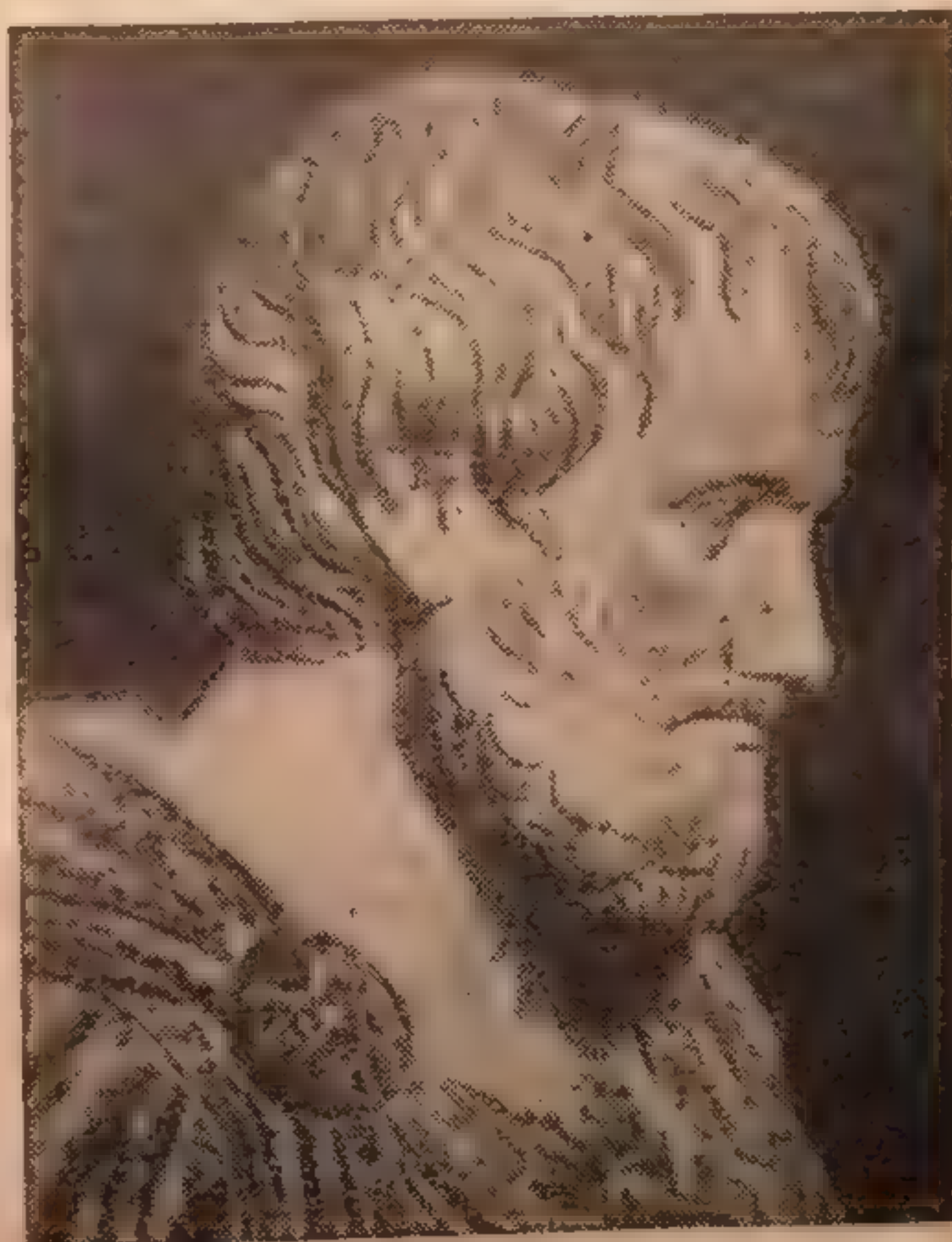
4. Космология Аристотеля

Возвращаясь к греческой науке, необходимо в первую очередь отметить деятельность Аристотеля (384—322 до н. э.), по определению Маркса — «величайшего мыслителя древности», философа и ученого-энциклопедиста. Деятельность Аристотеля охватывала как науку о природе в самом широком смысле («физика»), так и то, что выходило за пределы изучения природы («метафизика»). Философское мировоззрение Аристотеля было сложным. В нем нашли свое отражение все положительные достижения древнегреческой науки во всех ее областях и прежде всего в области изучения природы. В своих трудах Аристотель систематизировал накопленные до него сведения о небе и Земле, о закономерностях движения тел, о животных и растениях и т. д. Уже это

было особой заслугой Аристотеля: в трудах его философских предшественников высказывались отдельные блестящие идеи, но не было синтеза знаний и попытки их сведения в единую систему. Аристотель создал такую систему, и она оставалась незыблемой на протяжении многих столетий.

В своей системе Аристотель исходил из прогрессивных начал. С одной стороны, он утверждал безусловную реальность внешнего мира.

В этом вопросе он оказался неизмеримо прогрессивнее, чем его учитель Платон, утверждавший, что опыт не является источником знания, а видимый внешний мир есть только отражение потустороннего мира идей. С другой стороны, Аристотель категорически отверг взгляды своих современников-философов, представителей так называемой скептической школы, которые поставили под сомнение познаваемость внешнего мира и прокладывали тем самым путь к откровенному солипсизму. Философия Аристотеля обобщила все то, что в его время могло быть постигнуто путем наблюдения и опыта.



Аристотель (384—322 до н. э.).

Аристотель впервые рассмотрел вопрос о форме Земли и небесных тел на основании данных наблюдений. Так как во время лунных затмений тень, отбрасываемая Землей на лунный диск, имеет всегда круглую форму, он пришел к заключению, что Земля и, по аналогии, другие небесные тела имеют круглую, а скорее всего шарообразную форму. Вместе с тем Аристотель признавал Землю безусловным центром вселенной. Солнце и Луна в системе мира Аристотеля являлись ближайшими к Земле небесными телами, планеты располагались на больших расстояниях. Вселенная ограничена сферой

звезд, отстоящих от Земли в девять раз дальше, чем Солнце. При этом вселенная представлялась конечной, и все тела, расположенные внутри нее, неизбежно должны были тяготеть к Земле как к центральному телу.

Аристотелю принадлежала заслуга обобщения существовавших в его время физических представлений. Это обобщение было основано на умозрительном утверждении таких положений, правильность которых не могла быть проверена ни во времена Аристотеля, ни много позднее. Так, Аристотель утверждал, что скорость падения тел зависит от их веса: тяжелое тело, по его мнению, неизбежно должно падать быстрее, чем легкое тело. Опровергнуть это мнение оказалось возможным только в эпоху европейского Возрождения, когда опыт стал основой научного познания. Аристотель выдвигал и ряд других физических положений, в то время представлявшихся правильными и опровергнутых только во времена Галилея и Ньютона. Но Аристотелю античный мир обязан обобщением знаний о природе в доступной для той эпохи мере.

В пользу утверждения о неподвижности Земли и о ее центральном положении во вселенной Аристотель, в частности, приводил следующее соображение. Если бы Земля перемещалась в пространстве, то наблюдатель, движущийся вместе с Землей, должен бы был наблюдать изменения положений звезд на небесной сфере. Однако такие смещения никто не наблюдал, следовательно, Земля неподвижна (перемещения звезд, обусловленные движением Земли вокруг Солнца, были обнаружены лишь в XVIII в.). Этот довод не только во времена Аристотеля, но и позднее, в продолжение почти 2000 лет был серьезнейшим аргументом в пользу неподвижности Земли, так же как видимое (суточное) движение звезд оставалось решающим доводом в пользу центрального положения Земли во вселенной.

Влияние научно-философского наследия Аристотеля на последующее развитие научной мысли и представлений о вселенной было исключительно велико, но это влияние было сложным и противоречивым. Признание шарообразной формы Земли и небесных тел было крупным шагом вперед по сравнению с прежними представ-

ленными.
крепил до
центральной
рым полем
пытатель.
христианс
т. е. возве
учении бы
ния новой
теля) пер
лась в том
Аристотел
тия научно

Во вто
бытия в
пространс
ний Алек
империя,
на Ближн
с преобла
чалась эп
греческой
действи
турой на
С ор
Египта,
городов,
центрами
ставшая
зовался
ный цент
обсерват
крупные
причем
сандрийс
Важн
земного
александ

лениями. В то же время Аристотель на долгие века закрепил ложную концепцию неподвижности Земли и ее центрального положения во вселенной. Авторитет, которым пользовался Аристотель как философ и естествоиспытатель, был впоследствии использован и язычеством и христианской церковью, для того чтобы канонизировать, т. е. возвести в непреложную догму, именно то, что в его учении было ложным и ошибочным. В эпоху становления новой науки (спустя почти 2000 лет после Аристотеля) первейшая задача ее основоположников заключалась в том, чтобы опровергнуть ошибочные утверждения Аристотеля, ставшие основным препятствием для развития научной мысли.

5. Эллинистическая астрономия

Во второй половине IV в. произошли крупнейшие события в политической жизни древнего мира на огромном пространстве от Греции до Индии. В результате завоеваний Александра Македонского была создана огромная империя, распад которой вскоре привел к образованию на Ближнем и Среднем Востоке ряда новых государств с преобладающим влиянием греческой культуры. Так началась эпоха эллинизма, характерная распространением греческой культуры далеко на Восток, тесным взаимодействием греческой (эллинистической) культуры с культурой народов Индии и Средней Азии.

С организацией новых государств (эллинистического Египта, Сирии и др.) было связано и появление новых городов, становившихся экономическими и культурными центрами. В числе таких городов была Александрия, ставшая столицей эллинистического Египта. Здесь образовался и самый значительный в античном мире научный центр — Александрийская библиотека с музеем и обсерваторией при ней. В III в. до н. э. были достигнуты крупные успехи в области математики и астрономии, причем выдающаяся роль в этом принадлежала александрийским ученым.

Важным достижением было определение размеров земного шара, выполненное во второй половине века александрийским ученым Эратосфеном (ок. 275—195).

Нет уверенности в том, что Эратосфен впервые в истории человечества осуществил такое определение. Вполне возможно, что соответствующие попытки предпринимались и в более раннее время китайскими учеными. Но в историю науки Эратосфен вошел как ученый, впервые обосновавший правильный метод определения размеров Земли.

Для решения поставленной задачи Эратосфен с помощью имевшихся у него простейших угломерных инструментов измерил в Александрии расстояние Солнца от зенита, оказавшееся в момент измерения равным $7^{\circ}12'$ (т. е. примерно $\frac{1}{50}$ окружности). Наблюдения, выполненные в Сиене — городе, расположенном примерно на том же меридиане, что и Александрия, — показали, что Солнце в момент наблюдения находилось почти в зените. Приняв расстояние от Александрии до Сиены равным 5000 стадий, Эратосфен определил длину окружности земного шара в 250 000 стадий. Результаты, полученные Эратосфеном, или приблизительно соответствуют современным, или несколько превышают их; точно этого установить нельзя, так как неизвестна величина греческой стадии (155—180 м). Таким образом, решение Аристотелем вопроса о форме Земли привело спустя сто с лишком лет к определению ее размеров, уже не умозрительному, а основанному на непосредственных наблюдениях.

В III в. в Александрии началось систематическое наблюдение положений звезд путем измерения их угловых расстояний от некоторых постоянных точек небесного свода. Этот труд, начатый астрономами Аристиллом и Тимохарисом, был продолжен последующими поколениями александрийских ученых и привел к ряду открытий, о которых будет сказано ниже.

Необходимо упомянуть о работах замечательного геометра Аполлония Пергского, математически разработавшего теорию равномерного кругового движения небесных тел вокруг неподвижной Земли (на рубеже III и II вв. до н. э.); эта теория заменила систему вращающихся сфер Евдокса, усложненную Аристотелем. Аполлоний ввел в астрономию понятия эксцентрика и эпицикла. Эксцентрик — это круг, центр которого не совпа-

дает с положением наблюдателя, находящегося на Земле. Предполагая, что небесное светило движется (с постоянной скоростью) по эксцентрику, можно было объяснить известные в то время неравномерности в движениях Солнца, Луны и планет. Эпицикл — это круг, центр которого движется по другому кругу — деференту. Неравенства в движениях Солнца, Луны и планет можно было с известной точностью объяснить, предполагая, что планета движется равномерно по эпициклу, а Земля находится в центре деферента. Непосредственное приложение эксцентриков и эпициклов для объяснения видимых неправильностей в движении небесных тел и приведения этих движений к равномерным круговым было сделано во II в. до н. э. Гиппархом и значительно позднее Птолемеем.

После того, как Вавилония вошла в состав империи Александра Македонского, а затем в состав Сирийского государства селевкидов (потомки Селевка, одного из ближайших сподвижников Александра Македонского), достижения вавилонской астрономии стали более доступными для греческих ученых. В начале III в. вавилонский жрец-астроном Берос, позже живший и работавший на одном из островов Эгейского архипелага, особенно способствовал ознакомлению греков с наукой Вавилонии. Однако были существенные различия в направлении интересов вавилонских и греческих ученых в области изучения неба. Вавилонские астрономы были искусными математиками-вычислителями, нередко превосходившими в этом отношении — по крайней мере в IV—III вв. — греков. Как уже было сказано, они считали реальными неравномерности движения планет. В греческой же науке сложилось (и потом перешло в средневековую науку) представление о возможности для небесных тел только равномерных круговых движений.

Вавилонских ученых не интересовали вопросы о размерах небесных тел и расстояниях до них, о строении и размерах вселенной в целом. Но именно эти вопросы в III в. привлекали особое внимание некоторых наиболее выдающихся греческих ученых.

6. Аристарх и Архимед

К третьему веку до н. э. (к первой его половине) относится деятельность Аристарха Самосского — основоположника идеи движения Земли вокруг Солнца. Труды Аристарха до нас не дошли, кроме трактата «О разме-



Архимед (287—212 до н. э.).

рах и взаимных расстояниях Солнца и Луны», который был издан на латинском языке в Венеции в 1589 г. и на греческом — в Оксфорде в 1684 г. Поэтому нет возможности судить о том, каким путем он пришел к этой революционной идее. Но вполне возможно, что она была подсказана ему результатами выполненного им определения расстояния от Земли до Солнца в единицах расстояния Луны. Аристарх воспользовался для этого определения следующими геометрически-

ми соображениями. Отношение сторон в треугольнике с вершинами в центрах Земли, Луны и Солнца может быть получено для момента первой или последней четверти, когда угол при Луне прямой, если измерить угловое расстояние между центрами Луны и Солнца. Построение соответствующего прямоугольного треугольника позволяет непосредственно найти отношение расстояний Земля — Луна и Луна — Солнце. Однако точно определить момент первой или последней четверти практически невозможно, и поэтому вычисления Аристарха оказались далекими от истины: Солнце отстоит от Земли не в 18—20 раз дальше, чем Луна, как следовало из определений Аристарха, а в 400 раз. При этом Аристарх считал, что линейный диаметр Луны со-

ставляет $\frac{1}{3}$ диаметра Земли — несколько больше, чем в действительности. Но и из преуменьшенного Аристархом в 20 раз расстояния от Земли до Солнца получилось, что диаметр Солнца в 6—7 раз превосходит диаметр Земли, а объем, следовательно, в 200—350 раз. Не Земля, а Солнце оказалось, таким образом, крупнейшим телом во вселенной, а отсюда естественно было полагать, что не Земля, а Солнце расположено в центре вселенной.

Аристарх высказал также мнение, что расстояния от Земли до звезд чрезвычайно велики в сравнении с расстоянием от Земли до Солнца. Он считал, что окружность, описываемая Землей вокруг Солнца, представляет собой «точку» по отношению к размерам сферы неподвижных звезд. Это мнение Аристарха дошло до нас благодаря упоминанию о нем в труде «Исчисление песчинок» («Псаммит») великого математика древности Архимеда (287—212 до н. э.).

Труд Архимеда, предпринятый им по предложению Гелона, сына сиракузского диктатора Гиерона (Архимед жил и работал в Сиракузах, в Сицилии), был посвящен решению следующей задачи: если вселенная представляет собой шар, ограниченный сферой неподвижных звезд, то сколько песчинок вместит в себя этот шар? Решение задачи затруднялось тем, что в то время даже в Индии, где наука о числах получила наибольшее развитие, еще не была разработана система столь больших чисел. Архимед разработал оригинальную систему чисел, довел ее до исполинского числа, имеющего $8 \cdot 10^{13}$ нулей. После этого Архимед, исходя из предположения, что диаметр Солнца все-таки больше $\frac{1}{1000}$ длины окружности сферы неподвижных звезд (которую, следовательно, он считал значительно меньшей, чем полагал Аристарх), вычислил, что вселенная вмещает 10^{63} песчинок *). Это была первая в истории науки попытка представить размеры вселенной в числовых величинах, хотя бы и условных.

*) При этом Архимед полагал, в согласии с Аристархом, что Солнце больше Земли, а Землю считал в 10 раз большей, чем в действительности (в линейных мерах).

7. Гиппарх

Наблюдательная астрономия в Александрии достигла наивысшего расцвета во II в. до н. э. благодаря трудам выдающегося астронома древности Гиппарха. С его деятельностью связан ряд научных открытий и обобщений, сохранивших свое значение как в античную эпоху, так и много позднее.

Из признания существования сферы неподвижных звезд вытекало, что все звезды находятся на одинаковом расстоянии от Земли. Различия в блеске звезд Гиппарх объяснял тем, что звезды имеют различные размеры («величины»). В звездном каталоге, составленном им на основании долголетних наблюдений александрийских астрономов, Гиппарх разделил звезды по блеску на шесть величин; «величина», таким образом, понималась не в переносном смысле, как она считается теперь, а в прямом — в смысле размеров звезд. Гиппарх определил с большой точностью продолжительность тропического года, расстояние от Земли до Луны (оказавшееся равным 59—60 земным радиусам) и размеры Луны. Сравнивая измеренные им долготы звезд с долготами тех же звезд, определенными за 150 лет до него александрийскими астрономами, он открыл явление прецессии*). Гиппарх объяснил подмеченную более ранними наблюдателями неравномерность в движении Солнца, приводящую к неодинаковой продолжительности времен года. Исходя из геометрических идей Аполлония, Гиппарх предположил, что центр Земли не вполне совпадает с центром орбиты Солнца, а следовательно, и расстояние Солнца от Земли не всегда одинаково.

О развитии астрономии в Александрии и вообще об эллинистической астрономии на протяжении примерно четверти тысячелетия после Гиппарха сведений почти не сохранилось. Известна только деятельность александрийского астронома Созигена, разработавшего (в середине I в. до н. э.) по поручению римского диктатора

*) Прецессия, или предварение равноденствий, — перемещение точки весеннего равноденствия по эклиптике навстречу видимому годичному движению Солнца с периодом, равным приблизительно 26 тысячам лет. Вследствие прецессии медленно изменяются координаты звезд, в частности долгота.

Юлия Цезаря новый — юлианский — календарь (в настоящее время называемый старым стилем), который был принят в большей части Европы в течение более чем 1600 лет, а в некоторых европейских странах еще дольше. В самом Риме, где наука и философия получили развитие в значительной степени под греко-эллинистическим влиянием, в эпоху поздней республики (со II в. до н. э.) и империи астрономия самостоятельного места не заняла. Однако космологические вопросы ставились в трудах римских ученых и философов. В особенности необходимо отметить выдающегося римского поэта и философа-материалиста Лукреция Кара (99—55 до н. э.), развивавшего идею бесконечной материальной вселенной, существующей без всякого участия божественных сил; естествоиспытателя Плиния Старшего (23—79 н. э.), не только отстаивавшего идею о шарообразности Земли, но утверждавшего также и мысль об обитаемости обеих ее полушарий («Учение об антиподах»); писателя и философа Сенеку (3—65 н. э.), выдвигавшего дилемму: движется ли небо вокруг Земли, или, наоборот, сама Земля движется в пространстве.

8. Китайская космология. Чжан Хэн

Независимо от греко-эллинистической науки к идее о шарообразности Земли пришли примерно в ту же эпоху китайские ученые. Представления же о движении Земли, хотя и в своеобразной форме, в Китае получили распространение значительно раньше, чем в европейских странах. Так, в трактате о строении мира («Каолинзо»), написанном во времена династии Старшая Хань (25—220 н. э.), утверждалось, что Земля перемещается в пространстве периодически: с момента зимнего солнцестояния на 30 000 ли (китайская мера длины, равная 576 м) вверх, в направлении на северо-запад, с момента летнего солнцестояния — тоже на 30 000 ли, но вниз, в направлении на юго-восток. Высказывались и другие предположения о характере движения Земли и делались попытки определения расстояния до Солнца и величины его пути по небу. В некоторых трактатах (например, «Хантен», II—I в. до н. э.) говорилось о шарообразности

небесных тел и неба в целом, а Земле, расположенной в центре вселенной, приписывалась яйцеобразная форма; в других трактатах утверждалось, что Земля — квадрат, и размеры его сторон определялись во много сотен тысяч ли.

Крупнейшим ученым этого времени был астроном Чжан Хэн (78—139), который в своих космологических воззрениях развивал передовые научно-философские идеи эпохи. Чжан Хэн, признавая Землю шарообразным телом и считая ее центральным телом вселенной, одновременно утверждал, что вселенная бесконечна. В последнем утверждении кроется внутренняя противоречивость системы мира Чжан Хэна: если вселенная бесконечна, то она и не может иметь центра. Именно к такому выводу пришел уже в XV в. выдающийся мыслитель позднейшего европейского средневековья Николай Кузанский. Но сам факт признания бесконечности вселенной был крупным достижением научной мысли по сравнению с существовавшей концепцией конечной вселенной.

9. Система мира Птолемея

Важнейшим событием в космологии было создание во II в. н. э. системы мира александрийским астрономом Клавдием Птолемеем.

Эта система была изложена в сочинении Птолемея «Великое построение» («Μεγαλή συνταξις»). Название книги при ее переводах на другие языки претерпело изменения: на арабском языке она называлась — «Al Magest», на латинском (в переводе с арабского) — «Almagestum». Под названием «Альмагест» книга Птолемея стала известна на многих языках мира. В «Великом построении» были обобщены все достижения греко-эллинистической астрономии и прежде всего достижения астрономов александрийской школы, открытия Гиппарха, а также теоретические построения Аполлония и других геометров.

Система мира Птолемея превосходно объясняла известные в то время неправильности в движениях Солнца, Луны, планет. Однако она была только математической схемой, описывающей видимые движения небесных све-

тил и позволяющей определять их положения на небе в будущие моменты. Создавая свою систему, Птолемей не выходил за рамки давно сложившихся античных физических представлений о строении вселенной, отвергал все передовые идеи и гипотезы древних мыслителей. Система мира Птолемея не отражала действительное строение вселенной.

Античные идеалисты, в том числе последователи Платона, считали круговые движения единственной формой «идеально правильных» движений, присущей небесным телам. С точки зрения прогрессивных античных ученых, равномерные круговые движения также были физически единственно возможными движениями для небесных тел. Система равномерно вращающихся гомоцентрических сфер Евдокса — Аристотеля в некоторой



Птолемей (II в. н. э.).

мере представляла все известные во времена Аристотеля неравномерности в движениях небесных светил. Однако благодаря длительным наблюдениям александрийских астрономов было установлено, что видимые движения Солнца, Луны и планет гораздо более сложны, чем это считалось ранее.

Неравномерности в движениях Солнца и Луны были объяснены, хотя далеко не полностью, в трудах Гиппарха. Движения же планет оказались настолько сложными, что Гиппарх не считал возможным разработать их теорию: необходимы были продолжительные дополнительные наблюдения.

Ко II в. н. э., когда жил Птолемей, было собрано уже достаточное количество наблюдений, чтобы предпринять попытку создать более точную теорию движения планет, а также исправить теории движения Солнца и Луны. Труд «Великое построение» и посвящен этой задаче. Как было указано выше, Птолемей не отказался от сложившихся до него физических представлений, в частности о центральном положении Земли во вселенной.

Для того чтобы прийти к мысли о движении Земли вокруг Солнца и к пониманию видимого движения планет как отражения реального движения Земли, необходимо было иметь отчетливое представление об относительности движения. Изменение видимого положения того или иного предмета может происходить либо вследствие действительного перемещения этого предмета относительно наблюдателя, либо вследствие перемещения самого наблюдателя. Поэтому наблюдателю, находящемуся в равномерно, без толчков движущемся поезде, кажется, что он, вместе с поездом, неподвижен, а окружающие предметы — деревья, дома, люди — движутся в обратную сторону.

Имели ли мыслители древности представление об относительности движения? Несомненно, что Аристарх знал об этом, ибо утверждал, что Земля движется вокруг Солнца, в то время как непосредственное восприятие свидетельствовало о движении Солнца вокруг Земли. Великий римский поэт Вергилий (I в. до н. э.) вложил в уста Энея — героя поэмы «Энеида» — знаменательную фразу (которую впоследствии цитировал Коперник): «В море из порта идем и отходят и земли и грады». Это тоже подтверждает предположение о том, что идея об относительности движения в то время уже была известна.

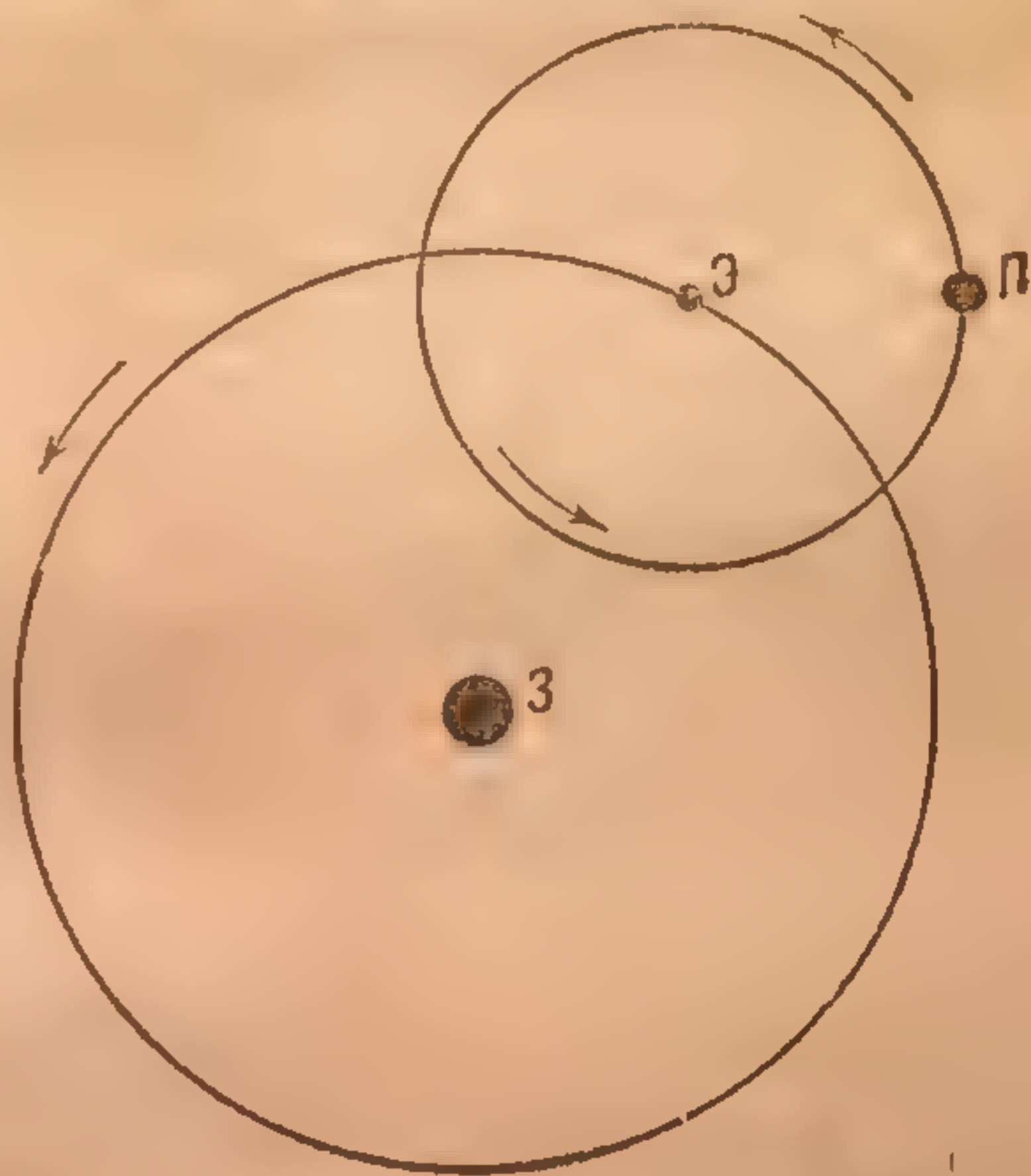
Птолемей также допускал, что сложность видимых движений небесных тел могла бы быть объяснена движением самой Земли. Однако из физических соображений в центре своей системы мира он поместил неподвижную Землю, не нарушив, таким образом, каноническую систему мира Аристотеля. Существование движения Земли Птолемей опровергал аргументами физики своего

времени: считалось, что при движении Земли все находящееся на ней было бы «смыто», сброшено с ее поверхности, а предметы, расположенные над Землей (облака, птицы), отставали бы от нее.

Что же касается вопроса о форме Земли, то Птолемей безоговорочно принял заключение Аристотеля о ее шарообразности. Для длины окружности Земли он принял величину, выведенную географом Посидонием (конец II в. до н. э.): 180 000 стадий (т. е. меньше, чем у Эратосфена).

Признав видимую неподвижность Земли за действительную, Птолемей поставил перед собой задачу — создать математическую теорию, объясняющую все неправильности в движениях комбинациями только равномерных круговых движений. Применение деферентов и эпициклов, понятия о которых впервые сформулировал Аполлоний, обеспечило возможность построения такой теории, удовлетворительно представлявшей наблюдаемые движения планет и дававшей возможность определить их положение на будущее время.

Каждая планета в системе мира Птолемея движется не вокруг Земли, а около математической точки (центра эпицикла), обращающейся вокруг Земли по деференту. Однако, для того чтобы объяснить (по возможности) все известные неправильности в движении планет, Птолемей предположил, что Земля находится не в центре деферента, а несколько в стороне от него. При этом он допускал, что центр эпицикла перемещается по деференту не равномерно, но все же так, что его движение



Деферент и эпицикл.
(З — Земля, П — планета, Э — центр эпицикла, лежащий на деференте.)

представляется равномерным, если смотреть на него из так называемого экванта — точки, симметричной центру Земли относительно центра деферента.

Таким образом, система мира Птолемея представляла собой математическую схему, внутренне логичную и как будто законченную, удовлетворительно (для своего времени) объяснявшую наблюдаемые движения планет, но не отражавшую действительного устройства материальной вселенной. Вполне возможно, что и автор этой системы, блестящий математик и астроном своей эпохи, стремился только к созданию условной математической схемы, разделяя мнение некоторых своих современников о непознаваемости действительных движений.

Система мира Птолемея явилась исторически завершением греко-эллинистической, а вместе с тем и римской астрономии *). Забытая в раннее средневековье, она потом, как и односторонне толкуемая философия Аристотеля, была научной опорой схоластики позднего средневековья в ее борьбе против возрождения творческих начал античной науки и против развития правильных представлений об устройстве вселенной.

*) В первом веке до н. э. Египет перестал быть самостоятельным эллинистическим государством и стал римской провинцией.

II. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

1. Крушение античной культуры

IV и V вв. н. э. связаны с крупнейшими событиями в истории человеческого общества, особенно в истории больших стран Европы и Азии. Рушился тысячелетний рабовладельческий строй. Складывалось и укреплялось феодально-крепостническое общество. На историческую арену выдвинулись новые народы и новые государственно-политические образования. Происходили крупные изменения в социальной и идейной жизни человечества.

В результате революции рабов и вторжения соседних, а также пришедших с Востока народов огромная Римская империя в IV в. распалась на два государства. Западная Римская империя, центром которой оставались Италия и город Рим, просуществовала недолго и в конце V в. пала под ударами варварских германских народов, овладевших обширными областями Западной Европы, в частности Италией, и основавших там новые государства. Иная судьба была у Восточной Римской империи. На основе ее сложилось государство Византия, с центром в Константинополе, существовавшее на протяжении многих веков.

Время постепенного ослабления и упадка Римской империи было вместе с тем и временем широкого распространения христианства в Европе и в Передней Азии. Христианство, первоначально действовавшее под лозунгом борьбы против власти и богатства, постепенно сближалось с государственной властью и стало (уже в начале IV в.) господствующей религией сначала в Римской империи, а затем и в монархиях, возникших на

развалинах этой империи. Но христианство недолго оставалось единым и монолитным: оно распалось на западную католическую церковь, возглавляемую папской курией в Риме, и восточную греко-византийскую церковь, во главе с восточными патриархами.

Распад Римской империи и нашествия варварских племен сопровождались разрушением городов и памятников культуры. Достижения античной науки и культуры при этом оказывались утраченными и забытыми. Вместо них распространялась идеология христианства, в корне враждебная (как и идеология любой религии) науке и научному познанию природы.

Так называемое раннее европейское средневековье (V—XI вв.) характеризуется общим упадком культуры, господством библейского мировоззрения, игнорированием изучения природы. Это в одинаковой степени относилось и к странам, подвластным западной церкви, и к Византии и сопредельным с ней странам, где господствовала восточная церковь. Единственным узаконенным источником сведений об устройстве мира и на западе и на востоке христианского мира признавались библия и сочинения деятелей церкви, посвященные толкованию библейского вероучения. Это означало возвращение к простейшим космологическим представлениям, в свое время преодоленным античной наукой. Примитивный экономический быт раннего средневековья с преобладанием натурального хозяйства и низким уровнем ремесленного производства не предъявлял больших требований к науке и технике и не создавал условий для их развития.

2. Астрономия Китая и Индии в средние века

Существенные изменения произошли в ту эпоху в жизни народов Китая и Индии. И в этих древних странах на смену отжившему рабовладельческому строю пришел феодальный строй, формирование которого в основном завершилось в V—VIII вв. Однако в Китае и в Индии с наступлением и укреплением феодализма связано было более высокое развитие производительных сил, чем в Европе в те же века. Поэтому как в Китае, так и в Индии науки продолжали развиваться, в частности,



Пекинская обсерватория.

значительные успехи были достигнуты в области математики и астрономии.

О космологических представлениях в Китае в начальный период средневековья рассказывается в летописи династии Цзинь (265—420) и в других памятниках китайской письменности. Идея шарообразности Земли, которую высказывал Чжан Хэн, в это время еще не получила в Китае всеобщего признания, но мнение о выпуклой форме Земли (в середине Земля выше, по краям ниже) принималась безусловно. Согласно китайским представлениям, Земля не покоится на каком-то основании, а пребывает свободно в окружающем пространстве. В эту эпоху в Китае широко проводились астрономические наблюдения. По-видимому, они способствовали постепенному укреплению мнения о шарообразности Земли. Позднее, в 725 г., в Китае было произведено под руководством астронома Нань Гунь-шо измерение отрезка дуги меридиана.

В Индии IV—VIII вв., в период династии Гупта, объединявшей все северные области страны, значительное развитие получили науки, в первую очередь — точные. Крупнейшее значение имела деятельность выдающегося ученого, математика и астронома Ариабхата (476—?). Он, в частности, утверждал, что Земля представляет собой вращающийся шар; неизвестно, к сожалению, какие физические аргументы он приводил для обоснования своего утверждения. Эти взгляды разделял и другой выдающийся индийский астроном Варахамихара (VI в.).

Успехи индийской астрономии в эту эпоху были теснейшим образом связаны с успехами индийской математики и физики, достигшими в период династии Гупта исключительно высокого развития. Основы этого развития были заложены, особенно в области математики, значительно раньше. Уже в древнейших памятниках индийской письменности отражены понятия о больших числах и об операциях с ними, а искусство вычисления в древней, особенно в ранне-средневековой, Индии достигло более высокого уровня, чем в других современных ей странах. Понятие нуля и десятичная система цифр были созданы в Индии и отсюда уже распространялись среди народов земного шара. Индийские математики средне-

вековья могут с достаточным основанием считаться предшественниками Ньютона и Лейбница в создании анализа бесконечно малых. Индийская физика этой же эпохи характеризуется созданием ряда атомистических теорий, в которых нашли свое отражение материалистические и идеалистические направления в индийской науке. Характерной особенностью индийского материализма было признание сложности структуры и свойств атома и идея вечного движения в природе, которое не может остановиться, так как любое физическое явление связано с превращением материи, с переходом ее из одного качественного состояния в другое.

Достижения индийской астрономии древности и раннего средневековья были изложены в трактате «Сурья-Сиддханта», написанном в конце IV или в V в. Этот трактат позднее, в VIII в., был переведен на арабский язык и оказал крупное влияние на развитие арабской, а через нее и европейской астрономии. Выдающимся представителем индийской науки средневековья был Брамагупта (598—660), предположивший существование притяжения Землею всех других тел. Он был одним из первых ученых (а может быть, и самым первым), высказавших идею всемирного тяготения, которая только в конце XVII в. была обоснована Ньютоном в виде закона всемирного тяготения.

3. Европейская космология в раннее средневековье

В это время в Европе, как уже было отмечено, возродились примитивные космологические представления, но теперь уже канонизованные христианской церковью, подкрепленные авторитетом библейских текстов.

В течение нескольких веков церковь отвергала все положительные завоевания античной науки, включая и систему мира Птолемея, заслугой которой является безусловное утверждение шарообразности Земли и разработка хотя и ошибочной, но внутренне логичной теории движения небесных тел. Христианская космология вернулась к основанным на библейской мифе представлениям о плоской Земле, о сотворении конечного в

пространстве и во времени мира из «ничего», о принципиальной противоположности небесного и земного.

Именно такие представления пропагандировались в писаниях отцов церкви, как западной, так и восточной.

В трудах Аврелия Августина (он же блаженный Августин, 354—430), одного из первых и наиболее влиятельных идеологов западной церкви, нашли особенно яркое воплощение идеи власти религии над умственной деятельностью людей и приоритета церкви над обществом и государством. В сочинениях Августина содержится теологическое обоснование религиозной нетерпимости, прежде всего — ко всяким проявлениям мысли, несогласным с текстом священного писания и догматическими положениями, вытекающими из него. Теологические взгляды Августина содержали в себе, таким образом, положения, на которых позже основывались законы инквизиции с ее застенками и кострами. Ограниченность картины мира, устанавливаемая христианско-библейским мировоззрением, проповедь обреченности всего сущего не оставляли места для изучения природы, для науки вообще.

Значительно позднее христианская церковь вынуждена была сама обратиться за помощью к науке, к астрономии. Это было связано с необходимостью реформы юлианского календаря, в котором в течение времени были обнаружены неточности, затруднявшие определение дат церковных праздников. Однако обращение к науке не означало изменения отношения к ней со стороны церкви: это было только началом превращения науки (в тех более чем тесных рамках, в каких она в то время развивалась) в служанку богословия. Именно на таком положении наука оставалась до конца позднего средневековья.

В раннем же средневековье церковь относилась к науке, точнее говоря, к тому, что сохранилось от античной науки, в соответствии с высказыванием раннего христианского теолога Тертуллиана (ок. 150—222), идейного предшественника Августина: «Что общего между Афинами и Иерусалимом, между Академией и церковью, между еретиками и христианами?.. Нам после Христа не нужна никакая любознательность, не нужно никакого исследования». С этих позиций Тертуллиан критикует и

Аристотеля, как идеолога познания природы, а следовательно, идеолога еретиков.

Влияние восточной христианской церкви, центром которой была Византия, ставшая с VI в. самостоятельной империей, простиралось на Армению и Грузию, а также и на некоторые страны Ближнего Востока. Позднее, в конце X в., из Византии христианство распространилось на Древнюю (Киевскую) Русь.

Несмотря на притеснения византийской церкви и светской власти (в VI в., в частности, были закрыты все греческие школы), в Византии, в отличие от государств Западной Европы, все же сохранились некоторые элементы греческой науки и культуры. Так, наряду с космологическими представлениями, основанными на наиболее примитивном и непосредственном толковании библейского текста, в Византии имели распространение учения, в которых находили известное отражение греко-эллинстические взгляды на природу. В этом отношении могут быть отмечены сочинения восточно-христианского богослова Иоанна Дамаскина (первая половина VIII в.), космологические представления которого обнаруживают следы влияния Аристотеля и его последователей. Дамаскин решительно отвергал идеи передовых греческих философов о развитии в природе: согласно его представлениям, созданный актом божественного творения мир пребывает в неизменном состоянии. В учении Дамаскина утверждается и то положение греческой идеалистической философии о полной противоположности земного и небесного, которое в христианской космологии приобрело характер основного догмата. Для Дамаскина небо — это пятый первичный элемент вселенной, в дополнение к четырём (огонь, воздух, вода, земля), указанным ещё первыми греческими философами. Планеты, Солнце и Луна движутся вокруг Земли в своих «поясах», причем порядок расположения этих светил по расстоянию их от Земли выбран произвольно (Солнце и Луна оказались ближе планет). Земля имеет шарообразную форму (это завоевание аристотелевской науки Дамаскин сохраняет в своей системе) и свободно висит в пространстве.

В сочинении «Шестоднев» писателя X в. Иоанна, экзарха болгарского (Болгария заимствовала христианство

из Византии), элементы античной науки получили несколько большее развитие. В частности, Иоанн Экзарх использовал античные данные о размерах Земли (заимствованные у Эратосфена), Луны (близкие к оценке Гиппарха) и Солнца (сравнимые с размерами Земли).

Однако космологии Иоанна Дамаскина и Иоанна Экзарха, а также близкие к ним по содержанию и направлению сочинения других писателей отражали мировоззрение только наиболее начитанных в античной светской литературе деятелей восточной (т. е. православной) церкви. Преобладающим же было ортодоксальное направление, рассматривавшее всякие остатки античного мирозерцания как «книжную ересь». Поэтому большее распространение в восточно-христианском мире получили взгляды монаха Козьмы Индикоплевса (VI в.), изложенные им в сочинении «Христианская топография». Космология в этой книге, по существу, сводится к возврату к догреческим представлениям об устройстве мира. Земля рассматривается как прямоугольная доска, небо как шатер над ней, движения светил совершаются даже не вокруг Земли, а вокруг высокой горы на краю ее. Само название сочинения Козьмы свидетельствует о его цели — утвердить представление об устройстве мира, согласное с библейской догматикой не только в общих чертах, но и в подробностях, не допуская никаких привнесений языческой, т. е. греческой, мысли.

Когда Киевская Русь, первое русское государство, заимствовала из Византии христианскую религию, а из Болгарии — славянскую письменность, в ней получили распространение как сочинения Иоанна Дамаскина, Иоанна Экзарха и другие, в той или иной мере знакомившие, хотя и в специфическом преломлении, с элементами античной науки, так и «Христианская топография» Козьмы Индикоплевса. И в Византии, и в Киевской (а потом и в Московской) Руси не было единой космологии, распространялись различные варианты христианских космологических воззрений. Но, в отличие от Византии и ряда других современных ей стран, на Руси с ранних времен проявилось большое внимание к эмпирическому изучению природы. Представляют большой интерес наблюдения небесных явлений, отмеченные уже

в ранних русских летописях и потом вошедшие в более поздние летописные своды; некоторые явления (солнечные пятна, протуберанцы) были подмечены наблюдателями на Руси значительно раньше, чем в Западной Европе.

Преследование и забвение прогрессивного наследия античной науки со стороны церкви привело к тому, что усилия передовых мыслителей раннего средневековья по существу направлялись на разработку и обоснование таких научных положений, которые уже были известны античным ученым. В числе таких мыслителей был выдающийся армянский математик и астроном Ананий Ширакаци (VII в.). В его научных изысканиях вновь нашла свое место блестящая догадка, высказанная в свое время еще Демокритом, о том, что Млечный Путь представляет собой огромное скопление звезд, не видимых в отдельности только из-за большой удаленности.

4. Арабская астрономия и ее значение

В эпоху раннего средневековья крупнейшие перемены в жизни народов Средней Азии и Ближнего Востока привели к созданию новых государств и новых культурных центров. Именно в этих государствах получила развитие наука, опередившая на несколько веков науку европейских государств того времени.

В Средней Азии самобытная культура сложилась задолго до начала нашего летосчисления. Уже в середине I-го тысячелетия до н. э. здесь существовали государства Бактрия и Согдиана, возникли такие крупные впоследствии культурно-научные центры, как Хорезм и Мараканда (ныне — Самарканд). Культурные области Средней Азии многократно становились ареной захватнических войн и добычей иноземных завоевателей. На рубеже VI и V вв. до н. э. значительная часть Средней Азии была завоевана персидским царем Дарием I, преемником Кира и Камбиза — основателей Персидского царства, покорителей Вавилона и Древнего Египта. В конце IV в. до н. э. Александр Македонский, после завоевания им огромной Персидской монархии, предпринял поход в Среднюю Азию. Поход не увенчался

прочным успехом, созданная Александром империя вскоре распалась. Однако с этого времени установилась тесная культурная связь между эллинистическими государствами, прямыми наследниками греческой культуры, и народами Средней Азии, где культурная гегемония много веков принадлежала Хорезму. Завоевания Средней Азии арабами в начале VIII в. н. э. и монголами в XIII в. нанесли среднеазиатским народам большой ущерб, но не остановили их культурного развития, которое в области науки особенно ярко проявилось в IX—XV вв.

В первой половине VII в. на историческую арену выдвинулись арабские народы, жившие на обширных территориях Аравийского полуострова и лишь незадолго перед тем вышедшие в своем социально-историческом развитии из первобытнообщинного строя. С пробуждением арабских народов было связано распространение новой религии — ислама. Подобно христианству, ислам возник и развивался как монотеистическая религия, основанная на таком же принципе противопоставления земного и небесного, на той же тенденции насильственного обращения в свою веру, подчинения и порабощения всех инаковерующих и инакомыслящих. Религиозно-философская догматика и космология ислама были столь же антинаучны, как и философско-теоретические основы христианства.

Христианство и ислам развивались в различных исторических условиях. Христианство в интересах своего развития использовало социальные противоречия рабовладельческого общества, уже переживавшего эпоху своего разложения. Ислам же распространялся на почве социальных противоречий феодализма и выступал под флагом объединения арабских и родственных им североафриканских народов.

В течение VII и начала VIII вв. арабы завоевали весь Аравийский полуостров и Переднюю Азию, включая большую часть Закавказья, значительные области Средней Азии, Египет и всю Северную Африку, Пиренейский полуостров и южную часть Франции. Успеху арабских завоеваний в значительной степени способствовали восстания трудящихся масс в завоевываемых арабами странах против их прежних властителей. В итоге

завоеваний сложилось огромное государство, по своим размерам превышавшее Римскую империю. Арабский язык получил широчайшее распространение.

С момента своего зарождения ислам проявил враждебность и нетерпимость к науке. В утверждении приоритета веры над знанием и божественного откровения над сознательно направляемой волей людей, в проповеди покорности и смирения для широких масс мусульманские фанатики соперничали с фанатиками христианскими. Арабские завоевания, особенно в Египте и в Сирии, сопровождались истреблением памятников греческой культуры, уцелевших от христианского обскурантизма и от прежних варварских нашествий. Однако образование огромной арабской империи, торговля со многими странами мира, развитие ремесленного производства, сухопутных и морских путешествий очень скоро поставили перед наукой новые серьезные требования. В результате этого арабская наука в сравнительно короткое время далеко превзошла пребывавшую еще в застое европейскую науку во всех ее разделах и направлениях, в частности в области математики и астрономии.

Арабскую науку нельзя, однако, рассматривать как создание и достояние одних только арабов. Она была создана учеными многих народов, вошедших в состав арабского государства, в том числе — египтян, берберов, иранцев и других. У народов Средней Азии и под арабским владычеством продолжала развиваться своя, самобытная культура, научные достижения среднеазиатских ученых заняли наиболее выдающееся место в средневековой науке. Однако и их труды нередко писались на арабском языке, который на Востоке (исключая Китай и Индию) стал международным научным языком, подобно тому как в Западной Европе таким языком стал и долго оставался латинский язык.

Большое значение для развития не только арабской, но и более поздней европейской науки имели переводы на арабский язык и комментирование сочинений греческих ученых и философов. Многие из греческих сочинений к этому времени были забыты в Европе (оригиналы некоторых из них утрачены). В их числе было и «Великое построение» Птолемея, которое было переведено

на арабский язык и комментировано в конце IX в. астрономом Табит бен Корра (835—901).

Основными научными и культурными центрами арабов стали Багдад, столица Арабского халифата и (с X в.) Кордова на Пиренейском полуострове, столица вновь созданного Кордовского халифата. В Багдаде в 829 г. при калифе Аль-Мамуне была построена астрономическая обсерватория и таким образом было положено начало систематическим наблюдениям арабских астрономов, работавших потом не только в Багдаде, но и в других крупных городах Арабского государства.

Труды арабских астрономов в значительной мере способствовали распространению геоцентрической системы мира Птолемея не только на арабском Востоке, но и в Европе.

Благодаря систематическим наблюдениям очень скоро были обнаружены расхождения между старыми птолемеями таблицами движения планет, основанными на его теории, и новыми данными наблюдений. Арабские астрономы внесли ряд серьезных усовершенствований и уточнений в птолемею теорию движения планет, Солнца и Луны.

Так, выдающийся арабский астроном Аль-Баттани (858—929) вывел более точные, чем у Птолемея, значения наклона эклиптики к экватору и величины прецессии, составил более точные таблицы движения Солнца и Луны. Он же установил, что эксцентрическое положение Земли внутри орбиты Солнца не совпадает с положением, указанным Птолемеем. Исправляя теорию Птолемея, Аль-Баттани не отказался, однако, от геоцентрических представлений, от идеи неподвижности Земли.

Необходимо отметить также труды арабских астрономов Абу-ль-Вефа (940—998), открывшего так называемые вариации в движении Луны, что увеличило число известных неправильностей в ее движении; Ибн-Юниса (вторая половина X в.), автора Хакемитских таблиц, употреблявшихся при астрономических наблюдениях около двух веков, и Арзахеля (конец XI — начало XII вв.) — астронома, работавшего в Толедо (Кордовский халифат) и руководившего составлением Толедских таблиц, также долго служивших для целей практической астрономии.

В 827 г., также при калифе Аль-Мамуне, арабскими астрономами было проведено измерение дуги меридиана в Месопотамии (на месте древней Вавилонии) между реками Тигром и Евфратом. Результаты этого измерения были использованы для определения размеров земного шара. Окружность Земли была определена в 20 400 арабских миль (44 000 километров, т. е. лишь немногим более, чем в действительности).

Труды арабских астрономов были звеном в том прогрессе астрономии, который впоследствии привел к опровержению геоцентрической системы мира и к созданию гелиоцентрической системы. Но взгляды самих арабских астрономов на устройство вселенной не выходили за рамки геоцентрического мировоззрения. В преодолении узких рамок геоцентризма значительно бо́льшая роль принадлежит ученым Средней Азии.

5. Выдающиеся астрономы Средней Азии и Азербайджана

Как уже было сказано, на протяжении ряда веков крупнейшим центром среднеазиатской науки был Хорезм. В IX в. здесь жил и работал выдающийся ученый-математик Аль-Хорезми, один из создателей алгебры. Он был также и видным астрономом, конструктором астрономических инструментов и автором астрономических таблиц.

К концу X и к первой половине XI вв. относится деятельность великого хорезмийского ученого-энциклопедиста Абу Рейхана Бируни (973—1048). Бируни выполнил ряд крупнейших работ в разных областях астрономии и математической географии. Одной из таких работ было новое определение размеров земного шара, которое он проводил разработанным им оригинальным методом, наблюдая понижения видимого горизонта с вершины горы. Полученные им результаты близки к результатам, выведенным из месопотамского градусного измерения.

Научно-философское мировоззрение Бируни далеко опередило общий уровень его времени.

Философия средневекового мусульманства в вопросах о предмете, методе и границах познания стояла в сущности на тех же позициях, что и средневековая христианская философия. Догматика корана, священной книги

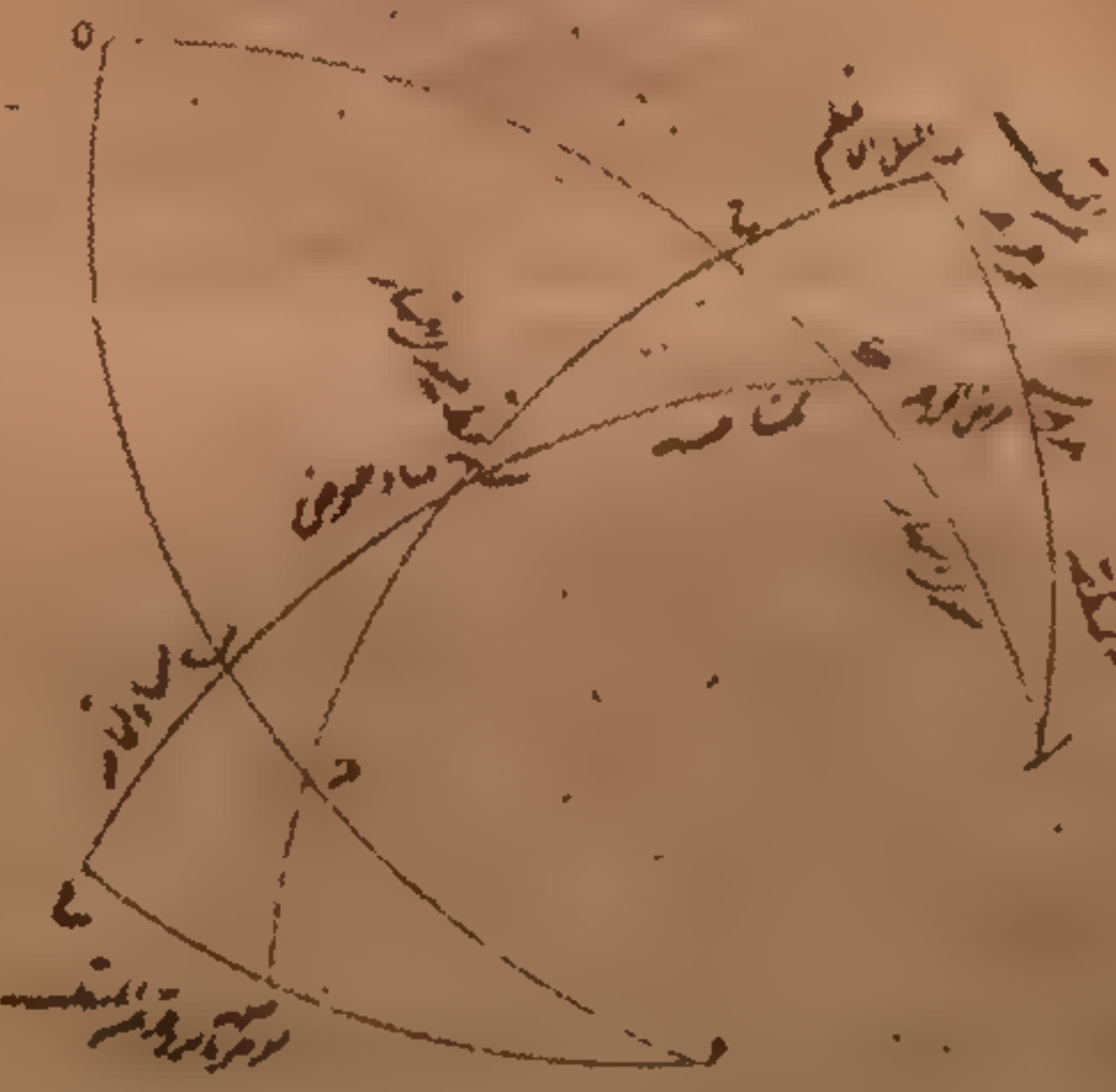
мусульман, рассматривалась как единственный узаконенный источник истины. Огрицание познавательного значения науки, пропаганда жесточайшей нетерпимости к инаковерующим и инакомыслящим, борьба с наследием языческой (т. е. греческой) мысли были основным направлением мусульманской ортодоксально-теологической философии. Однако развитие науки в арабском государстве, обусловленное запросами жизненной практики, было неизбежно связано с изучением античного наследия. Поэтому с течением времени и в мусульманском мире возникли философские течения, расходившиеся с ортодоксальной теологией. Так, уже в IX в. трудившийся в Багдаде разносторонний ученый и философ Аль-Кинди развивал аристотелевское положение о том, что только изучение материального мира, природы может быть основой для метафизики, в противном случае метафизика (иначе говоря, теология) беспочвенна и спекулятивна. Взглядов, близких к воззрениям Аль-Кинди, придерживался в X в. другой арабский философ, Аль-Фараби.

Выдающимся и оригинальным мыслителем был и современник Бируни — таджикский ученый-энциклопедист Ибн-Сина (Авиценна; ок. 980—1037), в литературном наследии которого имеются труды по философии, математике, естественным наукам, медицине. В философских сочинениях, написанных, между прочим, не только на арабском, но и на таджикском языке, Ибн-Сина, признавая наличие в мире нематериальной божественной субстанции, в то же время утверждал вечность и неуничтожаемость материи и отвергал многие положения догматики корана. Объективно взгляды Аль-Кинди и Ибн-Сины подрывали основы религиозного мировоззрения, а с точки зрения ревнителей мусульманства они были еретики и не однажды подвергались преследованиям.

Особенностью мышления самого Бируни была его независимость от религии, признание науки и только науки единственным средством познания мира. Бируни вообще отвергал компетентность религии в вопросах уяснения законов природы. Идея свободы научного мышления была основным началом в деятельности самого Бируни.

Свобода мысли в соединении с выдающейся эрудицией как в математике, так и во всех других областях

و اما در شرح فی صبح آل کسبه چنانکه در
صبح تنوع آمده است و حسب آل تمام دل
آل صبح و در شرح حسب صبح تمام نام
حسب کتب تمام و در حقیقت و در حقیقت و در حقیقت

[illegible]

Страница из рукописи Бируни «Канон Масуда».

науки того времени позволила Бируни, первому из ученых европейского и восточного средневековья, преодолеть тесные рамки геоцентрического мировоззрения. Бируни пришел к мысли о несоответствии системы мира Птолемея действительному устройству вселенной. При этом вначале он высказывал мнение о равноправности геоцентрической и гелиоцентрической системы мира. Он считал, что аргументы и доводы, которыми Птолемей обосновывал центральное положение неподвижной Земли во вселенной, могли бы быть использованы и для обоснования движения Земли вокруг Солнца. Позднее Бируни более определенно высказывался об осевом вращении Земли и о ее движении в пространстве, имея в виду при этом движение ее вокруг Солнца, являющегося центральным телом вселенной. Позднейшие ученые Средней Азии, остававшиеся еще на позициях геоцентризма, отмечали смелость научной мысли Бируни, который сумел подняться до идеи гелиоцентрического устройства мира. Необходимо отметить, что Бируни высказывал также и мнение о тяготении к Земле всех находящихся на ней тел. Правда, многие из этих суждений Бируни не вполне оригинальны и были заимствованы у индийского мыслителя Брамагупты, жившего раньше. Но бесспорная заслуга Бируни заключается в том, что он высказывал эти идеи в эпоху, когда аналогичные представления его предшественников были уже забыты в тяжелых условиях клерикально-исламского режима.

Взгляды Бируни на устройство вселенной не могли получить всеобщего признания в его эпоху: они слишком противоречили не только религиозной догматике, но и науке того времени, которая в борьбе против религии не могла подняться до отрицания господствующего геоцентрического мировоззрения. Это вовсе не означает, что мировоззрение Бируни не разделялось никем. Одним из последователей Бируни был великий таджикский поэт и ученый-энциклопедист Омар Хайям (1040—1123).

Литературные произведения Омара Хайяма, в особенности его «четверостишия» («Рубаи»), переведенные на большинство языков мира, создали ему положение классика средневековой восточной литературы. Однако Омар Хайям был не только поэтом, но и прогрессивным уче-

51
ным и м
тия аст
шемся
центра
строен
направ
сторон
Земли.
взгляд
мышле
лигиоз
эпохи:

Не
рие в е
ра Хай
оригин
руни,
гресси
Мо
ном и
приве
и, в
длите
удало
иги. М
ны, в
суда
монго
родов
воева
туру.

*)
акад. Ф

ным и мыслителем своего времени. Систематические занятия астрономией на обсерватории в Мерве (также являвшемся в то время одним из политических и культурных центров Средней Азии) привели его к размышлениям о строении вселенной, а влияние идей Бируни определило направленность этих размышлений. Омар Хайям был сторонником идеи бесконечности вселенной и движения Земли. Однако прогрессивные научно-мировоззренческие взгляды совмещались у него с пессимистическими размышлениями о судьбе человечества, обусловленными религиозным гнетом и социально-политическими условиями эпохи:

«Мы умрем, а мир наш будет
В небе странствовать всегда.
Мы ж по смерти не оставим
В нем ни знака, ни следа.
Мы не жили во Вселенной —
Мир вращался и тогда,
И без нас ему не будет
Ни ущерба, ни вреда» *).

Недооценка творческой деятельности человека и неверие в его будущее было теневой стороной творчества Омара Хайяма, но его космологические воззрения, столь же оригинальные, как и воззрения его предшественника Бируни, позволяют считать его одним из крупнейших прогрессивных мыслителей средневековья.

Монгольское нашествие, начатое в XIII в. Чингисханом и продолженное его ближайшими преемниками, привело к потере независимости многими странами мира и, в частности, Китаем и Русью. Только в результате длительной борьбы за свое освобождение этим странам удалось позднее, в XIV и XV вв., свергнуть монгольское иго. Монголами были покорены также и некоторые страны, в свое время завоеванные арабами; среди них — государства Средней Азии и Азербайджан. Вторжение монголов в эти страны сопровождалось разрушением городов, истреблением памятников культуры, однако завоеванные народы сохранили свою национальную культуру.

*) Цит. по книге «Персидская лирика», пер. П. Умова, под редакцией акад. Ф. Корша, М., 1915.

В Азербайджане и в Средней Азии (основным культурным центром которой стал Самарканд) продолжала развиваться астрономия, были выстроены и работали замечательные обсерватории. К XIII в. относится деятельность астронома Насирэддина Туси (1201—1274), который основал и возглавил обсерваторию в Мараге (Иранский Азербайджан), обо-



Улугбек (1394—1449).

рудованную лучшими инструментами того времени. Астрономами обсерватории под руководством Туси были составлены новые (так называемые Ильханские) таблицы движения планет и звездный каталог. В первой половине XV в. в Самарканде работали выдающиеся астрономы — ал-Каши, Али Кушчи и другие, под покровительством правителя Самарканда Улугбека (внука известного завоевателя Тимура). Обсерватория, выстроенная Улугбеком в Самарканде, была блестящим архитектурным сооруже-

нием, а ее гигантские инструменты обеспечили такую точность наблюдений, которая нигде до этого не была достигнута и оставалась непревзойденной до конца XVI в. Составленные самаркандскими астрономами планетные таблицы и звездный каталог, благодаря своей точности, приобрели широкую известность и потом переиздавались в Европе.

Достижения азербайджанских и самаркандских астрономов ознаменовали значительный прогресс в развитии наблюдательной астрономии, но не привели к каким-либо космологическим обобщениям и не имели непосредственного продолжения. После свержения и убийства Улугбека

61
мусульма
была ра
дов Вост
ная реа
в Средн

6. Евр

XI в
социаль
Более
сил, пос
следую
родов и
происхо
ствовал
вместе
и техни
мере с
церкви
свобод

Гос
народо
вой ев
К. Ма
как и
расли
прин

О
венно
пенно
медле
терат
честв
вилис
церко
XI—X
ноевр
объек
более

*)

мусульманскими фанатиками (1449) его обсерватория была разрушена. Последующие события в жизни народов Востока, феодальная раздробленность и клерикальная реакция не благоприятствовали развитию науки как в Средней Азии, так и в других странах Востока.

6. Европейская астрономия в позднее средневековье

XI век ознаменовался началом крупных изменений в социально-экономическом строе средневековой Европы. Более интенсивный, чем прежде, рост производительных сил, постепенное отделение ремесла от земледелия и последующее развитие ремесленного производства, рост городов и усиление торговых связей — все эти перемены, происходившие в условиях феодального строя, способствовали экономическому развитию европейских стран и вместе с тем создавали предпосылки для развития науки и техники. Но и в эпоху позднего средневековья в полной мере сохранилась зависимость науки от теологии, от церкви, сковывавшая свободу мысли, в первую очередь свободу исследования природы.

Господство католической церкви в духовной жизни народов определяло характер и содержание средневековой европейской философии и науки. Как указывал К. Маркс, «в руках попов политика и юриспруденция, как и все остальные науки, превратились в простые отрасли богословия, и в основу их были положены те же принципы, которые господствовали и в нем» *).

Однако это господство церкви во всех областях умственной деятельности не могло быть вечным. Оно постепенно подтачивалось благодаря неуклонному, хотя и медленному, накоплению знаний, развитию светской литературы. Идеи гуманизма, возведенные впервые в творчестве Данте, Петрарки и Боккачио, постепенно становились могучей силой, в корне враждебной официальным церковным взглядам и схоластике. Крестовые походы XI—XIII вв. на Восток, предпринятые церковью и западноевропейскими феодалами с агрессивными целями, объективно способствовали, с одной стороны, появлению более прогрессивных форм экономических (товарно-

*) К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. VIII, стр. 128.

денежных) отношений в самой Европе, а с другой — заимствованию европейцами научных достижений Востока. Так, постепенно, но в тяжелой борьбе с властью церкви, создавались предпосылки для развития положительной науки и для ломки церковно-схоластического мировоззрения.

В эпоху раннего средневековья астрономия не получила в Европе (кроме Пиренейского полуострова, нахо-



Астроном позднего западноевропейского средневековья.

дившегося с VIII в. под властью арабов) заметного развития. Были отдельные знатоки этой науки, например англичанин Алкуин (VIII в.), живший при дворе франкского короля Карла Великого, и монах Герберт, впоследствии римский папа Сильвестр II (X в.), но они не оставили после себя оригинальных исследований. Развитие западноевропейской астрономии началось с XII в., но долгое время оно ограничивалось собиранием и систематизацией достижений древнегреческой и арабской астрономии. В это время, после первых крестовых походов, был

переведе
астроно
но и «Е
В
лемя
ную ро
лийско
в 60-х
робоск
содер
лемя
номин
выдер
валас
По
вновь
арабс
коро
астро
мея,
верси
участ
ме м
только
мея и
С
подв
прот
стал
очиш
Арис
учени
него
миро
осно
была
мног
астро
туры
фы.
шое

переведен на латинский язык ряд сочинений арабских астрономов, а вскоре с арабского языка было переведено и «Великое построение» («Альмагест») Птолемея.

В дальнейшем распространении системы мира Птолемея и вообще астрономических знаний в Европе крупную роль сыграла деятельность Джона Галифакса, английского математика, который работал в Париже (ум. в 60-х гг. XIII в.) под латинизированной фамилией Сакробоско. Его книга «Sphaera Mundi» (Сфера вселенной), содержащая популярное изложение астрономии по Птолемею, надолго стала классическим учебником астрономии. После изобретения книгопечатания эта книга выдержала несколько десятков изданий. Она переиздавалась вплоть до середины XVII в.

После освобождения испанских земель от арабов во вновь образованном Кастильском королевстве группа арабских, еврейских и кастильских ученых по поручению короля Альфонса X составила в середине XIII в. новые астрономические таблицы, основанные на теории Птолемея, и астрономическую энциклопедию. Историческая версия приписывает Альфонсу X, лично принимавшему участие в этих работах, критическое отношение к системе мира Птолемея, но эта критика была направлена только против математической сложности теории Птолемея и не затрагивала ее геоцентрическую основу.

Система мира Птолемея, признававшая Землю за неподвижный центр вселенной и не противоречившая идее противопоставления земного и небесного, в это время стала в Европе таким же каноническим учением, как и очищенная от материалистических элементов система Аристотеля. Споры между сторонниками того и другого учения, неоднократно возникавшие на протяжении позднего средневековья, велись с позиций геоцентрического мировоззрения, касались только его деталей и подорвать основы геоцентризма, разумеется, не могли. Астрономия была предметом живого интереса и настойчивых занятий многих просвещенных деятелей эпохи. Любителями астрономии были основоположник английской литературы Чосер (XIV в.) и многие другие писатели и философы. Но и они не могли преодолеть геоцентризм. Большое распространение в то время получила астрология,

процветавшая при королевских дворах многих европейских государств.

Схоластическое направление средневековой философии, сложившееся еще в раннем средневековье, не



Астролог (с картины Рембрандта).

считало нужным выяснять объективные закономерности внешнего мира, не стремилось к исследованию природы,

а подменяло это исследование отвлеченными рассуждениями, оторванными от реальной действительности. Дальнейшим развитием ранней схоластики явился средневековый реализм, утверждавший реальное существование общих понятий о вещах, бытие которых будто бы предшествует возникновению единичных вещей (предметов материального мира). Иначе говоря, возникновение идеи о тех или иных вещах внешнего мира не требует существования этих вещей в действительности. По существу, это было реставрацией учения Платона о том, что реален только заоблачный мир идей, а мир вещей — иначе, земной мир — только бледное отражение мира идей. Свое наиболее полное выражение реализм нашел в учении католического богослова Фомы Аквинского (1225—1274), в котором формализованная и выхолощенная логика Аристотеля использовалась для доказательства истинности церковных догм и библейских мифов. Реализм отражал наиболее реакционное и откровенно теологическое направление средневековой философии.

7. Предшественники новой науки. Р. Бэкон. Николай Кузанский.

С XI в. в философии выдвигается новое течение — номинализм, основной чертой которого было утверждение первичности материальных вещей и вторичности понятий, которые устанавливаются человеческим сознанием для обозначения вещей и сами по себе ничего не значат. В учении номиналистов отражались уже материалистические тенденции, явно враждебные церковной догматике. Наиболее видные представители номинализма — шотландец Дунс Скотт (1265—1308), англичанин В. Оккам (ок. 1300—1350), французы И. Буридан (ум. ок. 1360) и Николай Орезмский (1313—1382) — выдвигали на первый план вопросы изучения природы и подчеркивали значение математического метода и опыта как основных орудий познания внешнего мира. Они вообще отрицали возможность доказательства религиозных догм, считая их предметом только веры. В частности, Буридан выдвигал идею построения научной небесной механики, призванной рационально объяснить движение небесных

тел и изгнать понятие о сверхъестественных причинах этого движения. Философия номиналистов была ярким проявлением борьбы светской научной мысли против клерикальной (церковной) схоластики. В этом заключалось



Европейская обсерватория XV—XVI вв.

прогрессивное для своего времени значение номинализма, который в дальнейшем, в XVI—XVII вв., стал реакционным течением в философии, приняв субъективно идеалистический характер *).

В создании положительной науки выдающуюся роль сыграла деятельность английского ученого и философа Роджера Бэкона (1214—1294). Его можно считать основоположником опытного метода познания природы в Европе, причем физико-математические науки были в центре его интересов. Бэкон утверждал, что тайны природы остаются нераскрытыми не из-за ее непознаваемо-

*) Субъективный идеализм — философское направление, отрицающее объективное существование внешнего материального мира, сводящее его к ощущениям воспринимающего субъекта.

сти, а только лишь вследствие отсутствия научного метода познания, который может быть разработан только на основе наблюдений и опыта.

Бэкон сам был экспериментатором в области алхимии и оптики. В частности, он имел представление об оптических системах. Как известно, первые научные открытия, сделанные с помощью телескопа, относятся уже к началу XVII в., но опыты, связанные с производством и научными применениями оптических стекол, вероятно, проводились и значительно раньше.

К эпохе позднего средневековья относится создание первых европейских университетов. Раньше других были созданы университеты в Болонье и в Париже, а затем и в других городах Италии, Англии, Испании, в германских землях. Университеты находились под верховным руководством церкви (в том числе и королевские университеты, учреждавшиеся светской властью), преподавание в них служило интересам ортодоксальной



Николай Кузанский
(1401—1464).

(«истинной») веры. Преподавание философии было под особым наблюдением. С XIII в. оно обычно велось в духе учения Фомы Аквинского и его последователей. Изложение философии в духе номинализма неоднократно запрещалось, а сами номиналисты подвергались преследованиям. С течением времени в ряде университетов было введено преподавание астрономии на основе теории Птолемея. Однако оно преследовало в основном практические задачи подготовки необходимых для самой церкви специалистов по вопросам календаря.

Образование оставалось, таким образом, монополией церкви. Это обстоятельство хотя и тормозило, но не могло остановить развитие науки. И среди деятелей церкви

находились мыслители, преодолевавшие тесноту и узость теолого-схоластического мировоззрения, своими научными трудами значительно опережавшие уровень науки эпохи. Таким был замечательный философ XV в., кардинал Николай Кребс (Николай Кузанский, 1401—1464). Философское учение Кузанского отражает наиболее прогрессивные черты номинализма, содержит оригинальные представления о методах и путях познания, впрочем, не свободные от теологии и мистики. Кузанский был выдающимся математиком и географом и призывал к развитию опытной науки и техники. Но особое значение имеют космологические воззрения Кузанского.

Основное в этих воззрениях — утверждение бесконечности вселенной, из которого, как правильно утверждал Кузанский, следует и невозможность признания Земли центральным телом вселенной, ибо бесконечное мировое пространство имеет «свой центр повсюду, а окружность нигде». Земля — только одно из материальных небесных тел (и не самое большое, так как Солнце больше Земли). Таким образом, Кузанский отвергает воспринятое схоластами у Платона и Аристотеля положение о полной противоположности земного и небесного. Утверждая суточное вращение Земли, Кузанский указывает, что это движение остается незаметным, так как на самой Земле нет неподвижной точки, по отношению к которой вращение могло бы быть обнаружено. Утверждая, что любая часть неба находится в вечном движении, Кузанский тем самым допускал и движение Земли в пространстве.

В эпоху позднего средневековья Кузанский выступает уже как мыслитель нового направления, связанного с развитием гуманизма, требовавшего освобождения человеческой мысли от гнета теологии и схоластики. Деятельность Кузанского протекала накануне и в начале великого прогрессивного переворота в истории человечества, который был связан с эпохой Возрождения в Европе.

III. ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЕ УЧЕНИЕ И ЕГО РАЗВИТИЕ В XVI—XVII вв.

1. Начало эпохи Возрождения

Вторая половина XV в.— это начало тех перемен в жизни европейских народов, которые Ф. Энгельс справедливо охарактеризовал как «величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством» *).

В недрах феодального строя давно уже возникли и развивались общественные силы, подготовлявшие последующее крушение феодализма с его отсталыми формами хозяйства, с его клерикально-схоластической идеологией.

В процессе роста городов, ремесленного производства и торговли проходило развитие производительных сил, все более опережавших экономический базис феодализма, складывался и выступал на историческую арену новый класс — буржуазия, вследствие своего экономического положения заинтересованный в познании и в подчинении сил природы, в развитии науки, техники и всех отраслей культуры.

Новая эпоха в истории человечества выдвинула и новых людей — титанов мысли и дела, ученых-энциклопедистов, поэтов, художников, смело ломавших старые устои, создававших новые ценности на основе освоения и творческого претворения элементов античной культуры, на основе новых гуманистических идей, отметавших клерикальную узость и нетерпимость. Исследование

*) Ф. Энгельс, Диалектика природы, Госполитиздат, 1950, стр. 4.

природы стало приобретать совершенно иной характер, чуждый духу средневековой схоластики, проникнутый стремлением к «испытанию» природы путем наблюдения и эксперимента.

В конце XV и в начале XVI столетий великие географические открытия, совершенные Колумбом, Васко да Гама и другими отважными путешественниками и исследователями, сыграли выдающуюся роль в расширении умственного кругозора человечества: Земля оказалась обширнее и богаче, чем это думали раньше. Незадолго перед тем изобретенное книгопечатание стало могучим орудием распространения знаний и новых идей.

В Италии во второй половине XV — первой половине XVI вв. гуманизм и Возрождение, в их историческом единстве, проявились наиболее ярко. Здесь жили и творили Помпонаци и Пико де-ла Мирандола, Леонардо да Винчи и Микеланджело, Тициан и Рафаэль. Из Италии новое движение распространилось в другие страны Европы. Рейхлин и Эразм Роттердамский, Мюнцер и Томас Мор, Дюрер и Рабле были, наряду с великими деятелями итальянского Возрождения, основоположниками нового течения в своих странах. Наступил глубокий кризис католического мировоззрения, а церковная реформация, охватившая многие государства Европы, была закономерным отражением этого кризиса внутри самой церкви.

В этих условиях перед наукой, в частности перед астрономией, ставились новые задачи в области изучения природы. Астрономия первая среди наук о природе преодолела рамки геоцентрического мировоззрения и религиозный догмат о противоположности земного и небесного, в течение долгого времени ограничивавшие развитие науки. Решающая роль в этом деле принадлежит одному из титанов эпохи Возрождения — Николаю Копернику (1473—1543).

Прежде чем приступить к описанию жизни и деятельности Коперника, необходимо охарактеризовать состояние астрономии в XV в., т. е. накануне эпохи Возрождения и в начале ее.

2. Астрономия ко времени Коперника

В X—XV вв. основные работы в области астрономии сводились к составлению новых, более совершенных таблиц движения планет. Однако с течением времени все таблицы неизменно старели. Новые результаты наблюдений положения планет, полученные с помощью более точных угломерных инструментов, расходились с данными таблиц. Для согласования теории с наблюдениями вносили все новые и новые усложнения в геоцентрическую систему, добавляя новые сферы в систему Аристотеля или новые эпициклы в систему Птолемея. Геометрическая схема движения планет (а также Солнца и Луны) становилась все более сложной, комбинации сфер и эпициклов — все более запутанными.

Возникла необходимость в глубокой проверке геоцентрической теории планетных движений на основе тщательного анализа ее первоисточников, в частности труда Птолемея, неоднократно искажавшегося и в деталях изменявшегося переводчиками и комментаторами.

Эту сложную и кропотливую работу, требовавшую совершенных математических знаний, выполнили немецкие астрономы Георг Пурбах (1423—1461) и Иоганн Мюллер (Региомонтан, 1436—1476). К этому времени на помощь науке пришло незадолго перед тем изобретенное книгопечатание. Результатом многолетней работы было составление книги Пурбаха о планетной теории (изданной печатным способом уже после смерти автора Региомонтаном), в которой рассматривался вопрос о расхождении между системами мира Аристотеля и Птолемея, причем спорные вопросы решались в пользу системы Птолемея. Затем Региомонтаном были выпущены новые планетные таблицы, составленные на несколько десятилетий вперед и широко использовавшиеся европейскими мореплавателями, в том числе и Колумбом в их заокеанских путешествиях в начале периода великих географических открытий (конец XV в.). В этом — большое практическое значение трудов Пурбаха и Региомонтана. Книга Пурбаха, кроме того, надолго стала основным руководством для преподавания астрономии в университетах. Труды Пурбаха и Региомонтана явились

последней попыткой представить видимые движения небесных тел на основе геоцентрической теории, а вместе с тем и последним достижением астрономии до Коперника.

Астрономия всегда развивалась в тесном взаимодействии с многими другими науками и, прежде всего, — с математикой, физикой, механикой; успехи астрономии часто опирались на достижения смежных наук. Так, эллинистическая астрономия развивалась на основе античной геометрии. Успехи астрономии в Средней Азии и в арабских халифатах были достигнуты благодаря освоению античной геометрии и разработке алгебры (начавшейся еще в древней Индии и продолженной на мусульманском Востоке) и начал тригонометрии. В дальнейшем совершенствовании тригонометрии и в разработке методов применения ее для астрономических вычислений большую роль сыграл Региомонтан. Однако физика, остававшаяся на протяжении долгих и долгих веков умозрительной наукой, чуждавшейся опыта и наблюдений, оказала отрицательное влияние на развитие астрономии, всегда базировавшейся на наблюдениях. Многовековое господство геоцентрической системы мира было связано с отсталостью старых, сохранявшихся со времен Аристотеля физических представлений, не допускавших ни осевого вращения Земли, ни движения ее в пространстве.

В позднее средневековье развитие ремесленного производства, а потом и ранних капиталистических мануфактур, выдвинуло важные практические задачи перед физикой и особенно механикой в области создания машин и механизмов, опытной проверки законов движения и падения тел на Земле и т. д. В решении этих вопросов уже в XV—XVI вв. были достигнуты известные успехи благодаря деятельности, с одной стороны, практиков-ремесленников и техников-самоучек, а с другой стороны, таких замечательных людей эпохи, как Леонардо да Винчи и Микеланджело — великих художников, являвшихся одновременно и выдающимися инженерами. В университетах же и в XV и в XVI вв. продолжала культивироваться аристотелевская физика в богословско-схоластической интерпретации.

Таким
наук в
тельность

Уже в
славе Ягел
дарств Ез
многогран
ский (Ягел
но именов
одно из вид
тов, в особе
рономии. Во
университет
1497), круп
сомневавши
эти сомнения
циях), но не
ва Брудзев
в Краков ст
образом, в э
ним из осно
номии.

Коперни
шейся в то
ши. Он пр
дившийся
говым сос
XIX в., не
Копернику
пытки оказа
Коперни
для по ма
деятель По
(на севере
является т
отличное с
са состояте
роной пра

Таким было состояние астрономии и смежных с ней наук в конце XV в., когда развернулась научная деятельность великого польского ученого Коперника.

3. Коперник

Уже в XIV в., при королях Казимире III и Владиславе Ягелло, Польша стала одним из крупнейших государств Европы, в котором развивалась самобытная и многогранная культура. Основанный в 1364 г. Краковский (Ягеллоновский) университет (в ту эпоху официально именовавшийся Краковской академией) быстро занял одно из виднейших мест среди европейских университетов, в особенности по преподаванию математики и астрономии. Во второй половине XV в. среди профессоров университета выделялся Войтех Брудзевский (1445—1497), крупный математик и астроном своего времени, сомневавшийся в истинности системы Птолемея (хотя эти сомнения, естественно, не высказывались в лекциях), но не поднявший до ее прямого отрицания. Слава Брудзевского и других польских ученых привлекала в Краков студентов из других стран Европы, и, таким образом, в этот период Краковский университет был одним из основных центров изучения математики и астрономии.

Коперник родился в 1473 г. в Торуни на Висле, являвшейся в то время значительным торговым городом Польши. Он происходил из купеческой семьи: его отец (родившийся в Кракове) занимал видное положение в торговом сословии Торуни. Позже, главным образом в XIX в., некоторые исследователи пытались приписать Копернику непольское происхождение, однако все эти попытки оказались несостоятельными.

Коперник рано лишился родителей. Его опекуном был дядя по матери Лука Ваценрод, крупный политический деятель Польши, позднее епископ Вармийской области (на севере Польши). Бесспорной заслугой Ваценрода является то, что при его содействии Коперник получил отличное образование, позволившее ему приступить к самостоятельной научно-творческой работе и к разносторонней практической деятельности. В 1492 г. Коперник

поступил в Краковский университет. В Кракове, занимаясь под руководством Брудзевского, Коперник имел возможность глубоко изучить систему мира Птолемея. Его занятия облегчались благодаря отличному знанию латинского и греческого языков. Но уже в эти годы Коперник оказывается в кругу идей и интересов, навеянных эпохой Возрождения, преодолевавшей, хотя и в трудной борьбе, схоластическую косность и ограниченность.

В польской литературе и публицистике конца XV в. идеи гуманизма находили уже широкое отражение. Борьба против засилия церкви как в экономической, так и в духовной жизни, изобличение социальной несправедливости — все это было характерно и для передовых людей польского народа. Церковная реформация также распространилась и на Польшу, хотя позднее она и была там побеждена католицизмом.

Таким образом, уже в годы учения в Кракове Коперник неизбежно должен был войти в курс идейной борьбы между новым и старым. После четырех лет пребывания в Кракове Коперник уехал для продолжения образования в Италию — колыбель эпохи Возрождения и основной центр гуманизма в конце XV и в первой половине XVI вв.

В Италии Коперник пробыл с 1496 по 1506 г. (с небольшим перерывом, когда ему пришлось на короткое время возвратиться в Польшу). Он занимался в Болонском, Падуанском, Феррарском университетах, изучая все, что в ту эпоху входило в число «признанных наук»: математику, юриспруденцию, медицину. В Ферраре он получил звание доктора церковного права. Здесь, в Италии, Коперник был свидетелем крупных и многообразных событий, развертывавшихся в эту бурную эпоху: борьбы гуманистов и схоластиков, религиозно-философских раздоров, движения итальянского народа за национальное объединение Италии и против иноземной агрессии и интервенции. В 1506 г. Коперник окончательно возвратился на родину. С этого времени и до самой смерти его жизнь и деятельность протекали в пределах Вармии, в городах Фромборке, расположенном на берегу Балтийского моря (недалеко от Гданьска), Олштыне, Лидцбарке.

где у него впервые зародилась идея о гелиоцентрическом устройстве мира. Можно лишь предполагать, что это относится к первым годам после его возвращения из Италии, когда он жил не в Фромборке, а в епископской резиденции Лидцбарке.

Первым документом, в котором Коперник сжато и без математического обоснования изложил основные



Башня Коперника во Фромборке.

положения своей гелиоцентрической системы, было рукописное сочинение под заглавием «Commentariolus» («Малый комментарий»). Это произведение, разосланное некоторым современным Копернику ученым в рукописных списках, оставалось неизвестным до 70-х гг. XIX в., когда один из списков был найден в библиотеке Упсальского университета (Швеция). Время написания Коперником этого произведения точно не установлено, но можно предполагать, что это было сделано около 1515 г. Во всяком случае в научных кругах того времени, и притом в разных странах, было уже известно, что Коперник не только занимается астрономическими проблемами, но и придерживается новой концепции, несогласной с общеприняты-

ratione salua maxime, tunc cum convenienter adhibetur
 qd ut non peritudo orbium multatudo ipis motibus, ordo spha
 rarum sequitur in hunc modum a summo capientes numerum.

prima ii

1 Stellae fixae sphaera immobilis

supra omni est stellae

maxima sphaera sphaera
 et omnia continet

Idemq mobilis

semper vi

unifolius

ad qu

mot

us

et

p

o

2 Saturnus xxx anno revolutio

3 Jovis xij annu revolutio

4 Martis biennu revolutio

5 Telluris cu luna an r

6 Venus annu r

7 Mercurius xxi r

Sol

syderna
 conservatur

Nam quod

aliquo modo illa

etiam videtur existimari

non alia, nec illa apparuit

aliqui

in deducere motus terrestres assignantur causas. Sequitur

circulus primus Saturnus qui xxx annis suis complet annu

illa post hunc superius duodecim annu revolutio mobilis dicitur

Mars vero qui biennu circulo. Quarta in ordine ares revolutio

ho leonem spectat in quo terra circa orbem humani latitudo annu alio

continetur dixerunt. Quinto loco Venus nono mense revolutur

ми воззрениями. В частности, глава протестантской реформации Лютер публично выражал свое возмущение по поводу того, что Коперник («сарматский астроном») высказывает взгляды, согласно которым движется Земля, а не Солнце, что противоречит священному писанию.

Коперник не спешил с опубликованием своего основного труда, в котором идеи гелиоцентрической системы были не только сформулированы, но и детально обоснованы. В последние годы жизни Коперник отошел от широкой общественно-политической деятельности и полностью посвятил себя этому труду.

В 1539 г. профессор математики Виттенбергского университета Георг Иоахим Ретик (1514—1576, настоящая фамилия — Ляухен), знавший об идеях Коперника, приехал в Фромборк и провел здесь два года, занимаясь под руководством Коперника изучением готовой рукописи его большого труда. Ретик стал единственным учеником Коперника. Уже в начале своего пребывания в Фромборке он смог написать краткое изложение учения Коперника в форме письма к своему бывшему учителю, математику и астроному Шонеру, которое и было в 1540 г. издано под заглавием «*Narratio Prima*» («Первый рассказ»). Таким образом о новом учении стало известно более широкому кругу читателей. Возможно, что это обстоятельство побудило Коперника, бывшего уже в преклонном возрасте, согласиться на публикацию своей книги. При посредстве Тидемана Гизе, епископа Хёлминского, близкого друга Коперника и сторонника его учения, рукопись была направлена в Нюрнберг, являвшийся в то время центром книгопечатания. За печатанием книги, озаглавленной «Об обращении небесных сфер», наблюдал сам Ретик, вернувшийся на свою виттенбергскую кафедру. Ему, однако, не удалось довести дело до конца, так как вскоре он занял кафедру в Лейпцигском университете. Забота о выпуске книги перешла к местному лютеранскому богослову Осиандеру, интересовавшемуся астрономией и принявшему на себя этот труд.

Выше уже упоминалось о том, как отнесся к взглядам Коперника, зная о них еще в самых общих чертах, глава немецкого протестантизма Лютер. И это отношение не было результатом случайного настроения или неосве-

Epistola ad ...

Amstelredamum 15
1713

NICOLAI CO

PERNICI TORINENSIS

DE REVOLUTIONIBUS ORBIS

coelestium, Libri VII.

Amstelredamum
1713

pernicium

Amstelredamum

1713

Habes in hoc opere iam recens nato, & edito,
studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum
quàm erraticarum, cum ex veteribus, cum etiam
ex recentibus observationibus restitutos: & no-
vis insuper ac admirabilibus hypothesebus or-
natos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex
quibus eosdem ad quodvis tempus quàm facili-
ter calculare poteris. Igitur eme, lege, frue.

Amstelredamum

1713

Norimbergæ apud Ioh. Petrium,

Anno M. D. CCCC.

Титульный лист первого издания «De revolutionibus orbium
coelestium».

домленности в астрономии: оно вытекало из самых основ лютеранства. Католичество в качестве своей теоретической основы использовало не только библию и сочинения отцов церкви, но и труды Аристотеля, толкуя их, правда, односторонне и схоластически. Лютеранская же религия исходила только из буквы священного писания. Для опровержения идеи о движении Земли и неподвижности Солнца она считала достаточным привести библейскую легенду, в которой Иисус Навин приказывает остановиться Солнцу, откуда делался вывод, что не Земля, а Солнце движется. Если наиболее просвещенные представители католицизма позднего средневековья и эпохи Возрождения в своих теоретических рассуждениях нередко приходили к идее о «двойственной истине», в свете которой и научные выводы и предписания религии при всем их вопиющем противоречии признавались равноправными (т. е. в равной мере истинными), то для лютеранства это исключалось. Поэтому лютеранская церковь раньше, чем католическая, поняла, что учение Коперника подрывает самые основы религии. Признание реальности движения Земли и низведение ее на положение одной из планет не могло быть совместимо с догматами веры.

Предвидя отношение церкви к книге Коперника, Осигандер счел необходимым снабдить ее, без ведома автора, анонимным (написанным им самим) предисловием, в котором было объявлено, что утверждение Коперника о движении Земли — это только условное допущение, принимаемое для удобства математических расчетов движения планет. Что же касается реального устройства вселенной, то оно, согласно этому предисловию, раскрывается в откровении, т. е. в библии, и астрономия, как и наука вообще, в этом не компетентна. Опубликование такого предисловия, по существу, представляло собой подлог. Будучи анонимным, оно, естественно, должно было приписываться в глазах читателей самому Копернику и свидетельствовать о том, что сам автор книги трактует гелиоцентрическую систему только как математическое допущение.

Между тем для Коперника движение Земли и центральное положение Солнца во вселенной было

безусловной объективной реальностью, что подтверждается всем содержанием книги. Кроме того, книга сопровождалась написанным Коперником посвящением римскому папе Павлу III. В этом документе Коперник указывает, что он приступил к своему труду с целью найти объяснение тому, что до сих пор не решено наукой, и в конечном счете дать «как бы обзор строения мироздания».

Коперник уже не мог разоблачить подлог Осиандера: 24 мая 1543 г. он скончался после долгой болезни в Фромборке. По одной из версий, Коперник получил первые экземпляры книги только в день смерти. Существует также другое предположение, согласно которому Коперник несколько раньше получил пробные оттиски, но либо в них предисловие отсутствовало, либо он уже не в силах был на него реагировать.

Задачей, которую поставил перед собой Коперник, работая над книгой «Об обращении небесных сфер», было создание теории планетных движений. Оставаясь в рамках давно сложившихся физических представлений и рассматривая свидетельство чувственного опыта как нечто безусловно достоверное, Коперник мог бы пойти по пути своих предшественников и попытаться еще более уточнить, а следовательно, и усложнить и без того чрезвычайно сложную геоцентрическую систему мира. Но, как мыслитель эпохи Возрождения, для которого целью науки было не только описание, но и объяснение действительности, Коперник не мог встать на этот путь. Свобода научного исследования, долгие века признаваемая еретическим заблуждением, для Коперника, как и для других титанов эпохи Возрождения, была той незыблемой основой, которая позволяла смело отказываться от старого и отжившего и совершить революционный переворот в науке. Уже в первые годы своих размышлений Коперник пришел к выводу о несостоятельности геоцентрической системы мира. Многие годы упорного труда понадобились ему для обоснования правильности своих идей и для разработки теории движений на основе гелиоцентризма.

В античной науке и в науке средневековья, как уже указывалось, Коперник имел предшественников, выска-

зывавших в общей форме мысли и догадки о движении Земли. Такими были Филолай и Аристарх, Бируни и Николай Кузанский. Но никто до Коперника не мог дать обоснование этой идеи и превратить смелую догадку в разработанную теорию.

Коперник обосновал суточное вращение Земли вокруг своей оси и тем самым объяснил смену дня и ночи, а также вращение небесной сферы.

Коперник установил, что запутанность видимых движений планет с их попятным движением и «петлями» является следствием ложного представления о неподвижности Земли в пространстве и о движении Солнца и планет вокруг Земли. Отказ от этого ложного мнения, признание Солнца центром планетной системы привели Коперника к правильному объяснению кажущейся запутанности видимых движений планет. Меркурий и Венера не отходят далеко от Солнца потому, что действительно являются ближайшими к нему планетами и их орбиты расположены внутри орбиты Земли. Марс, Юпитер и Сатурн (остальные планеты не были еще известны во времена Коперника) движутся вокруг Солнца на больших расстояниях, чем Земля. Петли, описываемые планетами, являются результатом отражения годичного обращения Земли вокруг Солнца. При этом, как следствие, оказывалось, что петли тем меньше, чем дальше планета. Путем геометрических рассуждений Коперник смог определить расстояния планет от Солнца в единицах радиуса земной орбиты*), и притом довольно точно. Получило естественное объяснение явление, совершенно непонятное в рамках геоцентрической теории, а именно — периодические изменения блеска планет с течением времени в значительных пределах; причина этого кроется в непрерывном изменении расстояний между Землей и планетой, обращающихся вокруг Солнца с разными периодами. Правда, изменение блеска планет зависит не только от изменения их расстояния от Земли, но и от фазы планеты, т. е. от доли освещенного Солнцем полушария планеты, видимой в данное время с Земли. Однако этот эффект, весьма значительный у

*) Величина радиуса земной орбиты впоследствии получила наименование «астрономической единицы».

нижних планет — Меркурия и Венеры, не имеет большого значения в изменении блеска остальных (верхних) планет. Таким образом и изменение блеска планет свидетельствовало в пользу теории Коперника.

В гелиоцентрической системе Коперника сохранилось еще представление о сфере неподвижных звезд: как и прежде, признавалось, что все звезды находятся на чрезвычайно больших, но одинаковых расстояниях от Земли.

Нетрудно видеть, что основные положения теории Коперника могли быть выдвинуты и аргументированы только при полном отказе от многих старых представлений, в свете которых казались убедительными и неопровержимыми доводы против движения и вращения Земли.

Сторонники геоцентризма утверждали, что движущаяся или вращающаяся Земля (а тем более совершающая оба движения) неизбежно должна была бы рассыпаться на части, а находящиеся над ее поверхностью предметы должны были бы отстать от Земли. Для Коперника же было бесспорным, что равномерное движение Земли незаметно для находящегося на ней наблюдателя. Вместе с Землей движется и все то, что физически связано с ней, в частности и окружающий воздух со всем в нем находящимся.

Весьма важным доводом против допущения движения Земли с античных времен было то, что это движение для земного наблюдателя должно сопровождаться изменениями видимого положения звезд на небе, чего, однако, не было замечено ни в древности, ни позднее. Коперник отверг этот довод, указав, что такие смещения существуют и что они не наблюдаются только вследствие огромности расстояний до звезд (величины таких смещений обратно пропорциональны расстояниям). Конечно, в эпоху Коперника это положение могло быть высказано только в результате умозрительных заключений: точность существовавших тогда инструментов не допускала его непосредственной проверки. Расстояния до звезд были приближенно оценены только через двести лет после Коперника, и лишь спустя еще сто лет удалось точно определить расстояния до близких звезд.

Коперник подчеркивал, что вселенная, даже и ограниченная сферой звезд, настолько грандиозна по сравнению с Землей, что представляется наивным предположение о вращении всего необъятного «космического целого» вокруг его ничтожной доли — Земли. Коперник, в частности, утверждал, что отношение расстояния от Земли до Солнца к расстоянию до неподвижных звезд меньше, чем отношение радиуса Земли к расстоянию от Земли до Солнца.

Появление книги Коперника означало переворот не только в астрономии. Оно имело огромное значение и для развития материалистической философии.

В учении Коперника с особенной убедительностью раскрывалась необходимость критического отношения к данным чувственного опыта. В системах мира Аристотеля и Птолемея все основывалось на том, что видимые явления природы, в частности видимые движения небесных тел, без всякой критики принимались за реальные явления, реальные движения. В системе мира Коперника оказывалось, что видимые движения небесных тел не всегда совпадают с их реальным движением, что представления о движении относительны. Так для наблюдателя, находящегося на движущейся Земле, кажется, что он, вместе с Землей, неподвижен, а движется небесный свод, движутся вокруг Земли Солнце и планеты. В то же время обитатель любой из этих планет по тем же причинам считал бы, что он со своей планетой неподвижен, а другие небесные тела, в том числе и Земля, движутся вокруг его планеты.

Таким образом из учения Коперника с необходимостью следовало, что критическое отношение к данным восприятия, их проверка при помощи наблюдений и математического анализа является необходимым условием для строго научного познания природы и, в первую очередь, строения видимой вселенной. Следовательно, учение Коперника должно было стать и действительно стало мощным стимулом для развития теории познания — основного раздела философии, исследующего возможности, средства и методы познания человеком окружающего его мира.

4. Первые успехи гелиоцентрического учения

Появление книги Коперника «Об обращении небесных сфер» было, по определению Энгельса, вызовом церковному авторитету в вопросах природы. Именно вокруг этой книги должна была развернуться непримиримая борьба между наукой и религией, но она разразилась позднее. Реакция на книгу Коперника не могла последовать быстро. Кроме Ретика, Коперник не оставил других учеников. Но и Ретик, в дальнейшем много работавший в области математики, от пропаганды учения Коперника отошел. Математическое изложение книги делало ее доступной только для ограниченного круга читателей, а предисловие Оснандера некоторое время представляло книгу в ложном свете.

Только наиболее дальновидные ревнители католической веры сравнительно быстро поняли истинный смысл учения Коперника и неизбежные последствия его распространения. Так, итальянский математик и католический прелат Франческо Мавролико (1494—1575) в книге «De Sphaera liber unus» («Об одной свободной сфере»), изданной в год смерти ее автора, настойчиво пытался опровергнуть учение Коперника, пользуясь при этом как математическими, так и теологическими доводами. Но, хотя Мавролико имел большой авторитет в католическом мире, его выступление тогда особенного внимания к себе не привлекло. О его книге вспомнили и использовали ее в интересах борьбы с новым мировоззрением уже в конце века, когда благодаря деятельности последователей Коперника подлинно революционное значение его труда стало понятным для многих деятелей католической церкви.

Теория Коперника была с практической целью использована (и притом успешно) раньше, чем вскрылось ее революционное значение в мировоззрении. Уже в 1551 г. виттенбергский астроном Э. Рейнгольд издал составленные им на основе теории Коперника таблицы движения небесных тел; таблицы оказались более точными, чем все прежние, вычислявшиеся в соответствии с теорией Птолемея. И даже римская церковь при разработке проекта реформы календаря (введения но-

вого стиля) использовала данные Коперника для календарных расчетов.

Вторая половина XVI в. была отмечена развитием в Европе точных астрономических наблюдений. Большая заслуга в этом принадлежит датскому ученому Тихо Браге (1546—1601), выдающемуся астроному, мастеру-виртуозу точных наблюдений. Тихо Браге был первым европейским астрономом, который в своих наблюдениях достиг большей точности, чем астрономы обсерватории Улугбека.

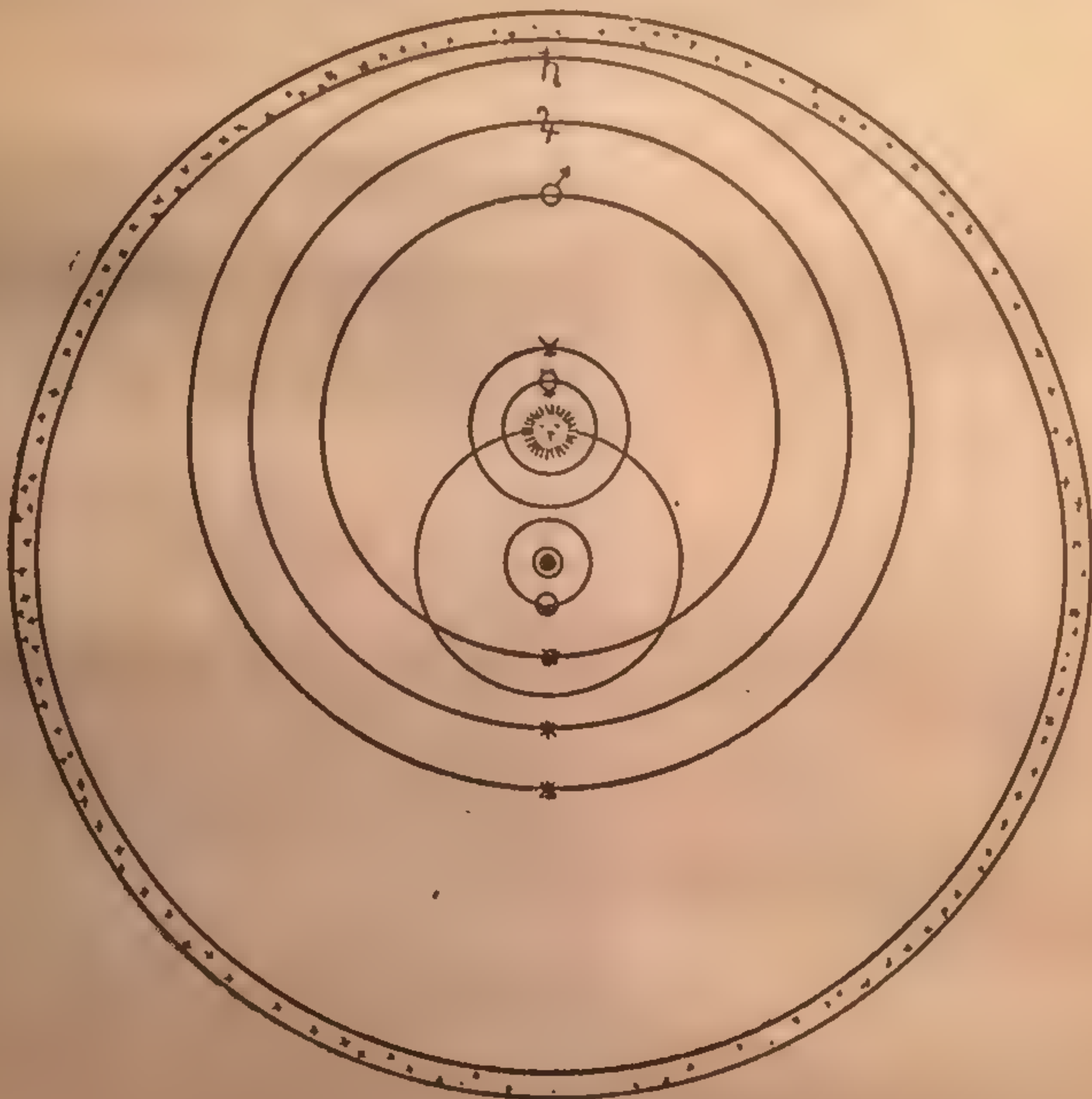
Свои наблюдения Тихо Браге проводил в обсерватории, выстроенной им на острове Вэн. Наблюдения были исключительно разнообразны. Он наблюдал новую звезду, вспыхнувшую в созвездии Кассиопеи в 1572 г., кометы, появлявшиеся в это время. Совершенно исключительную роль в истории науки сыграли его долголетние наблюдения движения Марса, использованные позже Кепле-



Тихо Браге (1546—1601).

ром для вывода законов движения планет. Тихо Браге был знаком с учением Коперника и высоко ценил его научный подвиг. Он, по-видимому, понимал, что гелиоцентрическая система Коперника лучше объясняет особенности видимых движений небесных тел, чем система Птолемея. Однако даже при самых тщательных наблюдениях ему не удавалось обнаружить смещения звезд, которые должны быть в случае движения наблюдателя вместе с Землей вокруг Солнца. Это обстоятельство вместе с тяготевшей над Тихо Браге догмой о про-

тивоположности земного и небесного (догмой, которая была источником, питавшим его астрологические воззрения) послужило причиной того, что Тихо Браге разработал свою систему мира, являющуюся, по-своему, компромиссом между системой Птолемея и системой



Система мира Тихо Браге.

Коперника. Согласно взглядам Тихо Браге, Луна и планеты обращаются вокруг Солнца, но само Солнце со всеми своими спутниками обращается вокруг неподвижной Земли.

Система мира Тихо Браге не получила широкого распространения на европейском континенте. Некоторую популярность она на известное время приобрела в Англии, где учение Коперника утверждалось в борьбе не с системой Птолемея, а именно с этой компромиссной системой.

На протяжении XVI в. в социально-экономическом строе европейских стран произошли существенные изменения, коренным образом отразившиеся на развитии новой науки и нового научно-философского мировоззрения.

Родиной эпохи Возрождения явилась Италия. Итальянское Возрождение было тесно связано с движением за национальное объединение Италии, с борьбой против гегемонии католицизма. Успехи этой борьбы обуславливали победу свободной мысли, в обстановке которой в Италии жил и учился Коперник. Но в XVI в. в Италии победила феодальная реакция, надолго утвердившая территориальную раздробленность Италии и господство католической церкви. Феодально-клерикальный режим продолжал занимать господствующее положение в Испании и Португалии, раньше других стран ставших на путь заморской колонизации и осуществивших первые великие географические открытия.

Вслед за Италией развитие различных элементов капиталистических отношений в недрах феодального общества в первую очередь проявилось в Нидерландах и Англии.

В конце XVI в. в Нидерландах совершилась первая в истории буржуазная революция, объединившаяся с победоносным общенациональным движением за освобождение страны от испанского владычества.

В Англии в это время постепенно складывались предпосылки для буржуазной революции, совершившейся уже в конце первой половины XVII в. Понятно, что в Нидерландах и в Англии, государствах, где впервые было свергнуто господство феодализма и его идейного оплота — католицизма, раньше, чем в других странах, сложились более благоприятные условия для развития научной мысли. Религиозный протестантизм в разных своих направлениях (лютеранство, кальвинизм и т. п.) относился к науке не менее враждебно, чем католицизм. Однако в условиях становления капитализма он не мог иметь той власти и того влияния, которые имела католическая церковь в Италии, Испании, Португалии, где феодальные порядки сохранились еще на длительное время, или во Франции, где в XVI и XVII вв.

развернулась особенно ожесточенная борьба между католиками и протестантами (гугеноты), закончившаяся победой католицизма. Вполне естественно, что учение Коперника в первую очередь получило признание там, где буржуазная революция совершилась, или там, где она только назревала, но развитие капиталистических отношений уже создало благоприятные условия для развития науки. Так, в Англии уже во второй половине XVI в. гелиоцентрическая система мира нашла активных сторонников в лице естествоиспытателя У. Гильберта (1540—1607), видного математика Р. Рикорда (1510—1553), и других. Особое место среди первых последователей учения Коперника в Англии занимает Т. Диггес (ум. в 1595 г.).

В основе гелиоцентрического учения Коперника лежит теория движения планет. Не занимаясь специально звездами, Коперник, в соответствии с традицией, отнес их к общей сфере — сфере звезд. Таким образом в учении Коперника, строго говоря, неподвижное Солнце является центром не только планетной системы, но и всей вселенной. При таком допущении звезды следует считать небесными телами, не сравнимыми по размерам с Солнцем.

Однако, углубляя революционное учение Коперника, последователи его должны были сделать следующий шаг — признать, что Солнце является центром лишь планетной системы, звезды же являются небесными телами, подобными нашему Солнцу и расположенными на различных расстояниях от него в бесконечной вселенной.

Одним из первых ученых, пришедших к такому толкованию учения Коперника, и был Диггес.

В это время учение Коперника получило законное признание и в некоторых странах континентальной Европы.

В 1566 г. в Базеле вышло второе издание книги Коперника, а позднее, в 1617 г., третье ее издание появилось в Амстердаме. В последней четверти XVI в. учение Коперника развивал и пропагандировал замечательный итальянский философ Джордано Бруно (1548—1600).

Бруно
нахом
католици
вствлении
время,
феодалы
на защит
Бруно, с
только
тил всю
логией.

В мир
низводи
нечной с
централ
на по с
Кузанск
не може
ниях Бр
утвержд
звезд, ч
и у дру
нечного

На
гандир
прово
католи
сти ин
и ерет
бу с е
1534 г
других
лись те
натием
«все д
тезисо
ствам
стремя
подор

5. Джордано Бруно

Бруно был воспитанником католической церкви и монахом Доминиканского ордена, который даже на лоне католицизма был одним из самых реакционных его ответвлений. Жизнь и деятельность Бруно протекала в то время, когда католическая церковь, поддерживаемая феодальной реакцией, с особенной активностью встала на защиту догмы священного писания от любой критики. Бруно, однако, преодолел религиозную догматику и не только порвал с клерикальной средой, но и посвятил всю свою деятельность борьбе с церковной идеологией.

В мировоззрении Бруно сочетались учение Коперника, низводившее Землю на положение одной из планет солнечной системы и утверждавшее, что эта система при ее центральном положении во вселенной все-таки ничтожна по сравнению с самой вселенной, и учение Николая Кузанского о бесконечности вселенной, в которой нет и не может быть центра. В своих космологических воззрениях Бруно пошел значительно дальше Коперника. Он утверждал, что Солнце — только одна из бесчисленных звезд, что планеты существуют не только у Солнца, но и у других звезд. Бруно выдвинул и развил идею бесконечного множества обитаемых миров.

На родине, в Италии, Бруно не мог широко пропагандировать свои воззрения. Феодальная реакция сопровождалась не только усилением власти и влияния католической церкви вообще, но и усилением деятельности инквизиции — тайного органа для борьбы с ересью и еретиками, возникшего еще в XIII в. Активную борьбу с ересью и свободой мысли вел и основанный в 1534 г. орден иезуитов, занявший особое место среди других католических орденов. Иезуиты руководствовались тезисом, провозглашенным основателем ордена Игнатием Лойолой: «Цель оправдывает средство» (цель — «все для вящей славы божией»). В соответствии с этим тезисом, борьбу против ереси иезуиты вели всеми средствами, в том числе при помощи убийств и подлогов, стремясь восстановить идейное господство католицизма, подорванное как реформацией, так и развитием науки,

подтачивавшим схоластическую догматику. В противоположность традициям других орденов, иезуиты ставили своей задачей добиться влияния во всех областях политической и духовной жизни, стремились занять монопольное положение в науке, вытеснить светскую науку.

Среди иезуитов конца XVI и начала XVII вв. были и астрономы — Р. Клавнус, И. Шейнер и другие, которые занимались астрономическими наблюдениями, оставаясь на позициях геоцентризма. Но прежде всего иезуиты были ревнителями истинной веры и уже в силу этого ближайшими сподвижниками святой инквизиции. Во второй половине XVI в. часть политически ослабленной и территориально раздробленной Италии оказалась под властью Испании, где разгул инквизиции начался раньше, чем в Италии.

Вынужденный оставить Италию, Бруно в 1576 г. переехал в Швейцарию. Здесь он подвергся преследованиям уже со стороны протестантов — последователей Кальвина, отличавшихся не меньшей нетерпимостью к инакомыслящим, чем римские инквизиторы: за четверть века до этого в Женеве, по настоянию самого Кальвина, был сожжен выдающийся испанский ученый Сервет.

Уехав из Швейцарии, Бруно жил во Франции, Англии, вновь во Франции, затем в Германии. Он читал лекции и вел публичные диспуты с представителями официальной — аристотелевской — науки, разоблачая и опровергая схоластический агностицизм и утверждая право на свободу мысли и совести. В эти же годы он опубликовал и ряд своих сочинений, в которых изложены его общефилософские и космологические взгляды («О причине, начале и едином», «О бесконечности, Вселенной и мирах» и др.).

Блестящий оратор и писатель, Бруно пользовался огромным успехом у своих слушателей и читателей. Но его выступления навлекли на него гонения со стороны представителей официальной науки и их покровителей — духовных и светских. В 1592 г. Бруно вернулся в Италию, где был предательски выдан инквизиции. Семь лет тянулось следствие по его делу, и он был при-

5
знач не
тиков. Бру
речении ст

ганда м
из осно
Бруно
церкви

знан не просто еретиком, а ересиархом — учителем еретиков. Бруно категорически отверг предложение об отречении от своих «заблуждений», среди которых прона-



Джордано Бруно (1548—1600).

ганда множественности обитаемых миров занимала одно из основных мест. Не меньшее значение имело и то, что Бруно выступил как разоблачитель общей политики церкви, ее стяжательства и нетерпимости. По приговору

инквизиции 17 марта 1600 г. Бруно был сожжен на площади Цветов в Риме.

Деятельность Бруно способствовала значительному развитию учения Коперника.

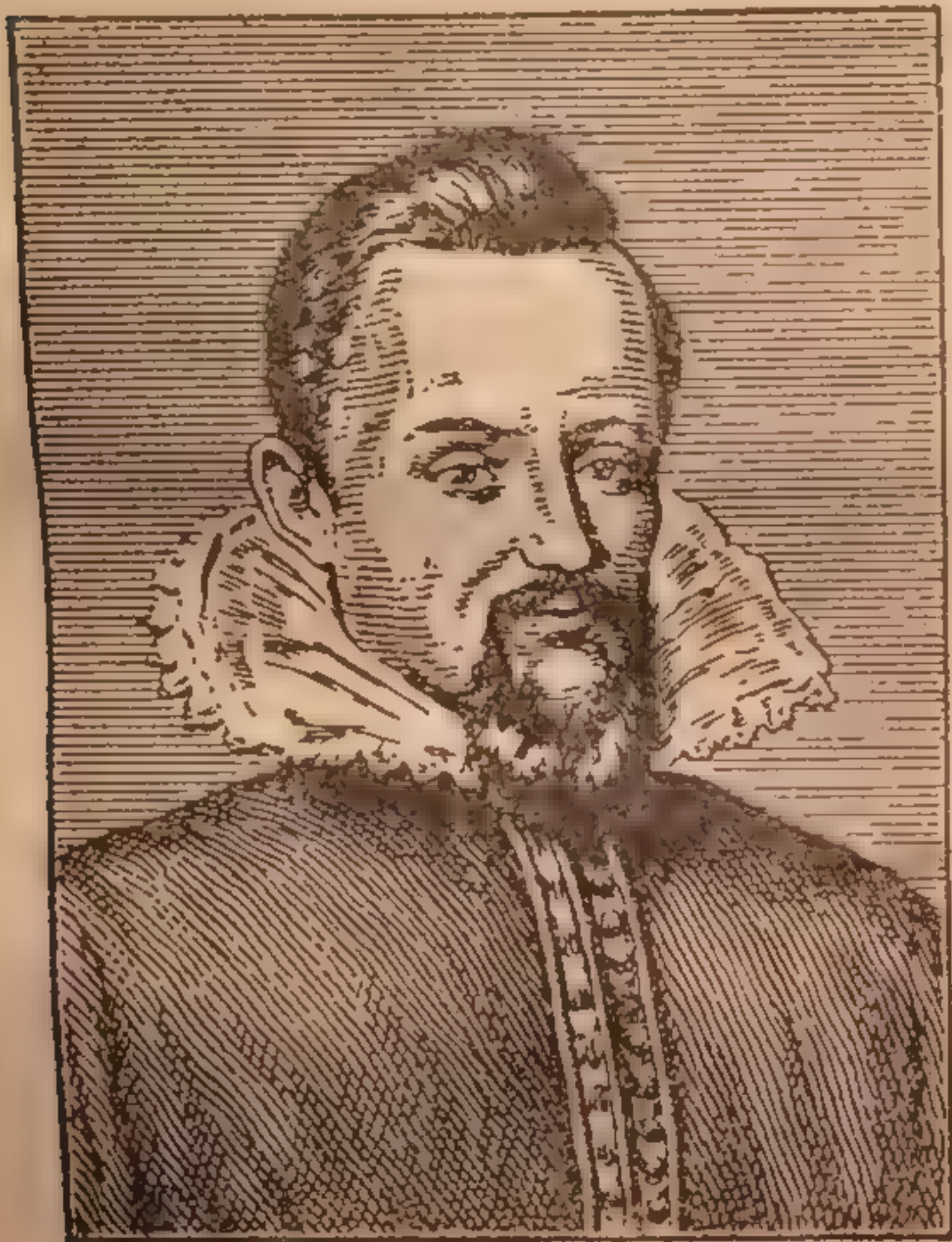
Правда, уже Диггес, развивая учение Коперника, на десятилетие раньше, чем Бруно, высказал мнение о бесконечности вселенной. На этом основании некоторые исследователи полагают даже, что учение Бруно о бесконечности вселенной сложилось во время его пребывания в Англии, под влиянием Диггеса. Однако взгляды Бруно гораздо более глубоки, чем умозрения Диггеса. Поэтому и влияние Бруно на мировоззрение современников и последующих поколений было несравненно более сильным, чем влияние Диггеса. Именно в толковании Бруно гелиоцентрическая система мира стала подлинной основой концепции пространственной бесконечности вселенной.

Но не только в этом направлении должно было развиваться учение Коперника. Дальнейшего совершенствования требовали и знания о строении солнечной системы, о закономерностях движений входящих в нее небесных тел. Коперник в своей системе сохранил некоторые элементы античной геоцентрической космологии — круговые движения планет, эпициклы. С течением времени эти элементы устарелых воззрений были удалены из гелиоцентрической системы. Представление о сфере неподвижных звезд, сохранившееся, как указывалось, в учении Коперника, было разрушено в течение XVII в. в результате длительных наблюдений неба, приведших к выводу о том, что звезды расположены на различных расстояниях от Земли и от солнечной системы. Действительная форма планетных орбит была выявлена на основе теоретических исследований движений планет. Эта задача была решена уже в начале XVII в. немецким ученым Иоганном Кеплером (1571—1630).

6. Кеплер

Благодаря деятельности Джордано Бруно и других пропагандистов нового мировоззрения и, одновременно, благодаря тому, что гелиоцентрическая система мира лучше согласовалась с наблюдениями, чем старая система,

учение Коперника постепенно приобретало сторонников также и в среде представителей официальной университетской науки. В числе их был профессор астрономии Тюбингенского университета Михаил Местлин



Иоганн Кеплер (1571 — 1630).

(1550—1631). Придерживаясь в своем университетском преподавании системы Птолемея, Местлин пропагандировал систему Коперника в кругу своих ближайших учеников. Среди учеников Местлина был Иоганн Кеплер. Восприняв от Местлина учение Коперника, он стал его горячим сторонником. Однако мировоззрение Кеплера было сложным и противоречивым.

Кеплер родился и вырос в протестантской среде. Его жизнь и деятельность протекали в тяжелой обстановке борьбы

католицизма и протестантизма, приведшей, уже в конце жизни Кеплера, к тридцатилетней войне между так называемой «Католической лигой» и северогерманскими протестантскими государствами. После окончания своего учения в Тюбингене Кеплер был лектором по математике и по астрономии в высшей школе в Граце. Здесь ему пришлось заниматься составлением и изданием календарей с астрологическими предсказаниями. Но уже тогда Кеплер вплотную подошел к рассмотрению основных вопросов, наиболее интересовавших его в течение всей жизни. Его привлекала к себе проблема количественных закономерностей в природе и прежде всего число, величина и законы движения небесных тел как выражение этой закономерности.

Еще на раннем этапе древнегреческой науки Пифагор и его последователи развивали идею гармонии чи-

сел, господствующей в мире и определяющей те количественные закономерности, которые неизбежно должны присутствовать в природе. Как известно, Пифагор впервые высказал мнение о шарообразности Земли. Известно, какими аргументами подкреплялось тогда это мнение, но вполне возможно, что в основе его лежало убеждение, что только такая идеальная форма Земли как центрального тела вселенной может отражать геометрическую гармонию мира. Идея количественной гармонии у пифагорейцев приняла ярко выраженный идеалистический характер: все многообразие явлений и сил природы как бы заранее подгонялось под установленную гармоническую схему, которая превращалась, таким образом, в тонкую, но беспочвенную игру ума и математической фантазии. Возможно, Кеплер в начале своего творческого пути испытывал известное влияние идей пифагорейской школы. Но он успешно преодолел это влияние и отошел от идеалистического толкования проблемы.

Задача, поставленная Кеплером, заключалась в том, чтобы найти количественные закономерности, существующие в самой природе, прежде всего в строении солнечной системы.

Первую такую попытку Кеплер предпринял в книге «*Mysterium Cosmographicum*» («Тайна Вселенной»), выпущенной им в 1596 г. Он стремился построить геометрическую схему солнечной системы и представить расположение планет в ней и порядок их расстояний от Солнца с помощью соответствующим образом подобранных фигур (правильных многогранников), но попытка оказалась неудачной. Однако Кеплер не отказался от своего намерения выяснить закономерности расстояний и движения планет. Это намерение было связано еще и с тем обстоятельством, что планетные таблицы Рейнгольда, составленные на основе теории Коперника, обнаруживали к тому времени уже заметные расхождения с наблюдениями, о чем, в частности, свидетельствовал обширный наблюдательный материал, собранный за много лет Тихо Браге. Таким образом, задача, которую хотел решить Кеплер, приобретала практическое значение. Необходимо было установить причины несовпадения

теории и наблюдений и внести необходимые коррективы в теорию.

Тихо Браге в 1597 г. покинул Вэн, а затем и вообще Данию после конфликта с датским королем Кристианом IV, лишившим его средств на содержание обсерватории. Тихо Браге переехал в Прагу, где ему были предоставлены необходимые условия для продолжения работы. В это же время (1600) Кеплер из-за преследований со стороны католиков вынужден был покинуть Грац и принял предложение Тихо Браге стать его сотрудником по наблюдениям и вычислениям. Совместная работа двух ученых, из которых один был и оставался до конца противником системы мира Коперника, а другой был ее убежденным сторонником, продолжалась недолго. Тихо Браге умер в 1601 г., Кеплер стал его преемником, и в его распоряжение поступили долголетние ряды наблюдений положений планет, которые оказались ценнейшим материалом для выводов законов планетных движений.

Среди этих материалов большое место занимали наблюдения Марса. Как раз в движении этой планеты обнаруживалось наибольшее расхождение с теорией. Кеплер выполнил огромную работу, пытаясь представить наблюдаемое движение Марса в виде различных геометрических кривых. В результате он пришел к заключению, что Марс обращается вокруг Солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Таким образом, сложившееся еще в античном мире убеждение, что небесным телам может быть присуще только круговое движение, оказалось ошибочным. Эксцентриситет эллиптической орбиты Марса (эксцентриситет — отношение расстояния между фокусом и центром эллипса к его большой полуоси; эта величина определяет степень «вытянутости» эллипса) оказался близким к нулю, из чего следовало, что практически форма орбиты мало отличается от круга. Установление эллиптичности орбиты Марса (первый закон Кеплера) открывало путь к решению другой задачи, связанной с его движением. Оказалось, что скорость движения планеты непостоянна и связана с расстоянием планеты от Солнца в данный момент. Наибольшую скорость планета имеет в перигелии, т. е. в точке орбиты, ближайшей

к Солнцу.
ленной от
расстояния
линия, со
тор), опис
площади.
В 1609
о движении
два закона
выведены
был убежд
ведливы и
движения
1612 г., Кеп
тельность пр
несколько к
1619 г.) по
закон Кепл
солнечной с
временами с
от Солнца (с
мого планет
тельно, разм
нашел эту з
мен обращен
кубам их ст
расстояния
были извест
поэтому в т
расстояниях
от Солнца.
Кеплер не
ника, он был
крашенное из
tome»), изда
известность. Е
свой взгляды
Здесь в н
и противореч
ка выйти за
количествен

к Солнцу, наименьшую — в афелии, точке, наиболее удаленной от Солнца. Зависимость между скоростью и расстоянием формулируется во втором законе Кеплера: линия, соединяющая планету с Солнцем (радиус-вектор), описывает в равные промежутки времени равные площади.

В 1609 г. Кеплер опубликовал труд («Комментарий о движении Марса»), в котором были сформулированы два закона (из трех, носящих его имя). Законы были выведены на материалах наблюдений Марса, но Кеплер был убежден, и это позже подтвердилось, что они справедливы и для движения других планет, а также и для движения Луны вокруг Земли. Вскоре после этого, в 1612 г., Кеплер оставил Прагу, и дальнейшая его деятельность протекала в Линце. Здесь им было выпущено несколько книг, в одной из которых («Гармония мира», 1619 г.) получил законченную формулировку третий закон Кеплера. В поисках количественной гармонии солнечной системы Кеплер искал зависимость между временами обращения планет и их средним расстоянием от Солнца (т. е. большой полуосью эллипса, описываемого планетой в движении вокруг Солнца), а следовательно, размерами их орбит. После долгих трудов он нашел эту зависимость. Оказалось, что квадраты времен обращения всех известных планет пропорциональны кубам их средних расстояний от Солнца. Однако эти расстояния в абсолютном их выражении Кеплеру не были известны, как не были они известны и Копернику, поэтому в третьем законе речь идет об относительных расстояниях, выраженных в единицах расстояния Земли от Солнца.

Кеплер не только развивал и дополнял учение Коперника, он был и выдающимся его популяризатором. «Сокращенное изложение коперниковой астрономии» («*Epidrome*»), изданное им в 1618—1620 гг., приобрело широкую известность. В этой книге, в частности, Кеплер высказал свои взгляды на устройство вселенной и ее размеры.

Здесь в наибольшей степени отразилась сложность и противоречивость мировоззрения Кеплера. Его попытка выйти за пределы солнечной системы и применить количественную меру к звездной вселенной была

исключительно смелой для того времени. Однако Кеплер не смог преодолеть античное представление о том, что вселенная является ограниченной в пространстве сферой. Следуя этим представлениям, сохранявшимся и в системе Коперника, Кеплер также ограничил материальную вселенную сферой (точнее говоря, тонким шаровым слоем) неподвижных звезд, за пределами которой находится пустое пространство. В этой пространственно-ограниченной материальной вселенной, согласно взглядам Кеплера, Солнце является центральным телом и основным источником света и тепла. В известной степени звезды подобны Солнцу: они имеют собственный свет, но их размеры значительно меньше, чем размеры Солнца; расстояния между звездами значительно меньше, чем расстояние от Солнца до сферы неподвижных звезд, которое, собственно говоря, и является мерилom размеров вселенной. Очевидно, это расстояние огромно, так как попытки Тихо Браге определить параллаксы звезд к успеху не привели. Кеплер полагал, что расстояние до сферы неподвижных звезд (т. е. «радиус вселенной») во столько раз больше радиуса солнечной системы (т. е. радиуса орбиты самой далекой из известных тогда планет — Сатурна), во сколько радиус орбиты Сатурна больше радиуса Солнца. Так как радиус орбиты Сатурна составляет примерно 2000 радиусов Солнца, то из соотношений Кеплера следует, что расстояние до сферы неподвижных звезд примерно в 2000 раз превышает расстояние Сатурна от Солнца.

Это, однако, не идет ни в какое сравнение с действительными расстояниями до звезд: даже ближайшая звезда отстоит от Солнца не на 2000, а более чем на 27 000 радиусов орбиты Сатурна. В современных мерах вселенная Кеплера имела радиус $2,9 \times 10^{12}$ км, или 0,3 светового года, расстояние же до ближайшей звезды составляет 4,2 светового года. Вселенная Кеплера оказалась меньше вселенной Коперника, который считал, что отношение радиуса земной орбиты к расстоянию до сферы звезд меньше, чем отношение радиуса Земли (6400 км) к радиусу ее орбиты (149,5 млн. км). В соответствии с мнением Коперника, радиус звездной сферы составляет самое меньшее 2500 радиусов орбиты Са-

турна. Для Коперника это был лишь «нижний предел»: он утверждал, что пределы вселенной пока неизвестны и непостижимы.

Большой интерес представляло мнение Кеплера о широкой распространенности комет во вселенной. Он впервые дал также объяснение давно замеченному наблюдателями факту, что хвосты комет вытягиваются всегда в сторону, противоположную Солнцу. Кеплер предположил существование отталкивательных сил, исходящих от Солнца и обуславливающих направление хвостов комет. Конечно, вопрос о природе этих сил в то время не мог быть разрешен.

Открыв законы движения планет, Кеплер много размышлял о силе, которая управляет этими движениями. Ему не удалось правильно решить эту проблему. Кеплер справедливо усматривал в Солнце, как в центральном теле вселенной, источник силы, регулирующий движение планет, но он не смог дать количественное определение действия этой силы. Однако именно законы Кеплера, в которых устанавливались прямые количественные зависимости между скоростью движения планет и их расстояниями от Солнца, послужили той основой, на которой спустя много десятилетий, но в пределах того же XVII в. был открыт Ньютоном закон всемирного тяготения.

7. Изобретение телескопа. Галилей и его открытия

XVI век был последним веком астрономии, развивавшейся с помощью инструментов, не оборудованных никакими оптическими приспособлениями. Гелиоцентрическая система мира Коперника, дополненная законами Кеплера, была наиболее выдающимся открытием астрономии, сделанным без применения оптических средств. Последующее развитие астрономии ограничивалось также рамками старой физики и имевшимися в ту эпоху математическими средствами. Для дальнейшего расцвета науки о вселенной необходимо было прежде всего создание таких средств наблюдения, которые позволили бы не только умозрительно, но и эмпирически, с помощью наблюдений, выйти за пределы солнечной системы,

а внутри солнечной системы открыть те детали и подробности, которые оставались недоступными для невооруженного оптикой глаза. В равной мере необходимо было создать основы новой физики, проложить правильные пути к познанию законов движения тел и сил, регулирующих эти движения, к познанию природы света — единственного источника знаний о небесных телах. Необходимо было расширить и углубить математические средства. Развитие некоторых разделов математики всегда шло в значительной мере под влиянием требований, предъявляемых астрономией. Труды ряда астрономов во многом способствовали успехам этих разделов математики. Так, например, сферическая тригонометрия, столь необходимая в первую очередь для решения астрономических задач, своим развитием в наибольшей степени была обязана трудам Бирунни, Насирэддина Туси, Региомонтана, Коперника.

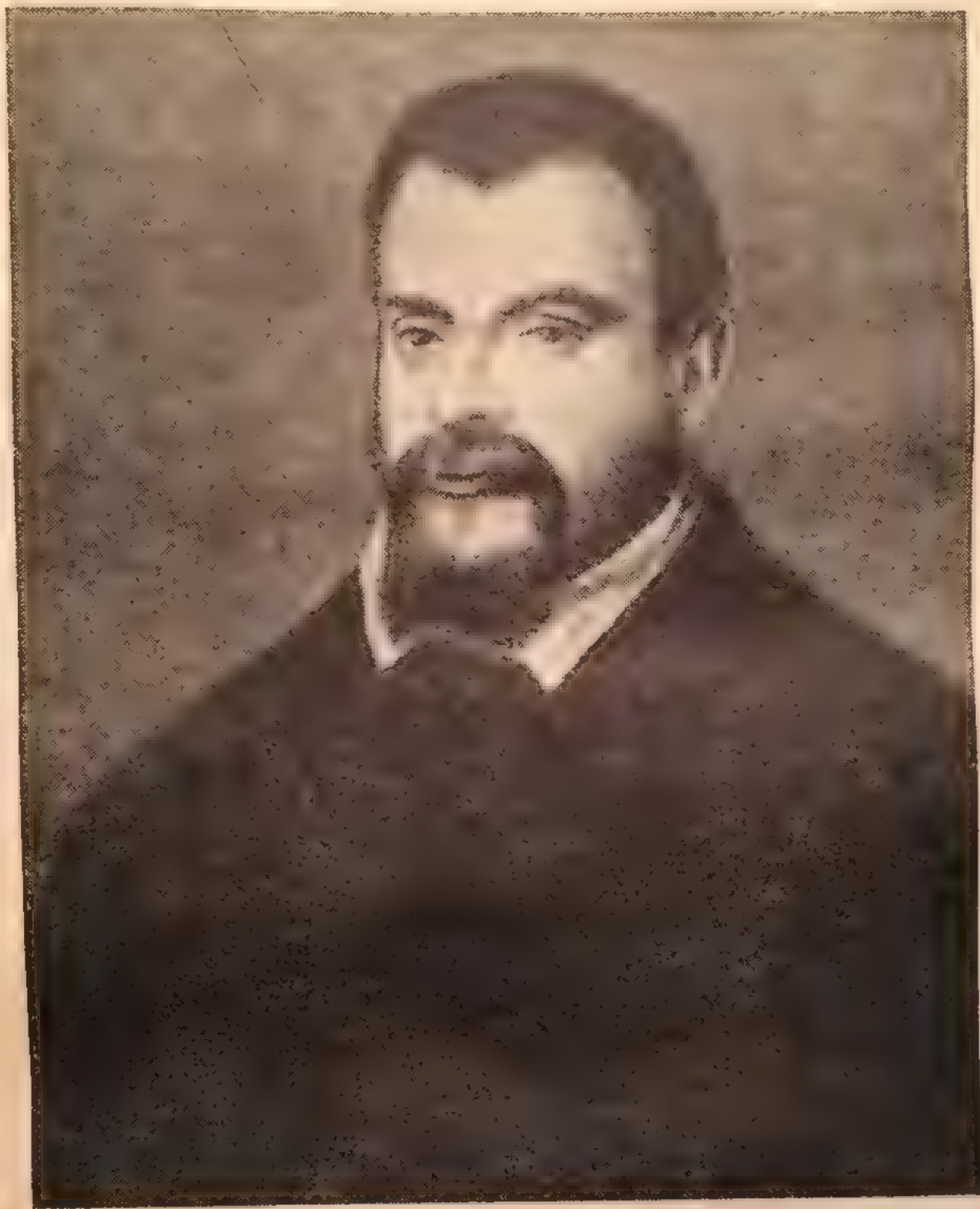
В XVII в. был заложен прочный фундамент того направления в науке, на основе которого могла дальше развиваться и астрономия. Он мог возникнуть только благодаря появившимся к тому времени социально-экономическим предпосылкам, связанным с началом и последующим становлением капиталистической формации. В конце XVI в. (как уже было сказано) произошла буржуазная революция в Голландии. В конце первой половины XVI в. совершилась английская революция, открывшая путь для развития капитализма в Англии. В ряде других стран континентальной Европы также складывались условия для новых экономических отношений. Развитие производительных сил, рост капиталистических мануфактур, расширение мореплавания и колонизации (в которых Англия и Голландия в XVII в. оспаривали мировое первенство, оттесняя Испанию и Португалию) — все это предъявляло неуклонно растущие требования к точным наукам и к технике. Жизненной, практической потребности отвечало изобретение оптических стекол, вскоре открывшее для человечества широчайшие возможности проникновения как в дальние просторы вселенной, так и в микромир.

Оставляя в стороне имеющиеся версии об изобретении и применении оптических стекол (линз) Р. Бэконом

изобретение
и даже е
новленны
телескопа

применялись
в астрономии
Галилео Гали
трубу для ас

и даже еще раньше вавилонянами, можно считать установленным, что появились они задолго до изобретения телескопа. Но до начала XVII в. оптические стекла не



Галилео Галилей (1564—1642)
(с портрета работы Тинторетто).

применялись для наблюдения небесных тел. Новая эра в астрономии началась тогда, когда итальянский ученый Галилео Галилей (1564—1642) использовал зрительную трубу для астрономических наблюдений.

Галилей, родившийся в Пизе, учился в Пизе и во Флоренции. С 1589 г. он был профессором математики и астрономии Пизанского университета. Его научные интересы отличались исключительной широтой, характерной для лучших деятелей эпохи Возрождения.

В научном творчестве Галилея осуществлялся тот переход от естествознания умозрительного к естествознанию опытному, который был так необходим для обоснования новой физики, новой механики с их далеко идущими многообразными приложениями в различных областях человеческой деятельности.

Первые научные работы Галилей начал именно с физических и механических исследований, в которых прежде всего проявилось его стремление связать теорию и практику, создать теоретические обобщения, опирающиеся на данные наблюдений и продуманно выполненных экспериментов. Галилей был выдающимся знатоком техники своего времени, изобретателем и конструктором приборов и инструментов. До Галилея многие основные положения физики и механики Аристотеля оспаривались недостаточно убедительно. Ученые и философы, выступавшие против этих положений на основе правильных теоретических соображений, не могли подтвердить их опытным путем. Практические же деятели техники, на опыте убеждавшиеся в несостоятельности аристотелевских положений, в их неприменимости для решения практических задач и нередко решавшие эти задачи своим путем, не могли, однако, прийти к обобщающим теоретическим выводам.

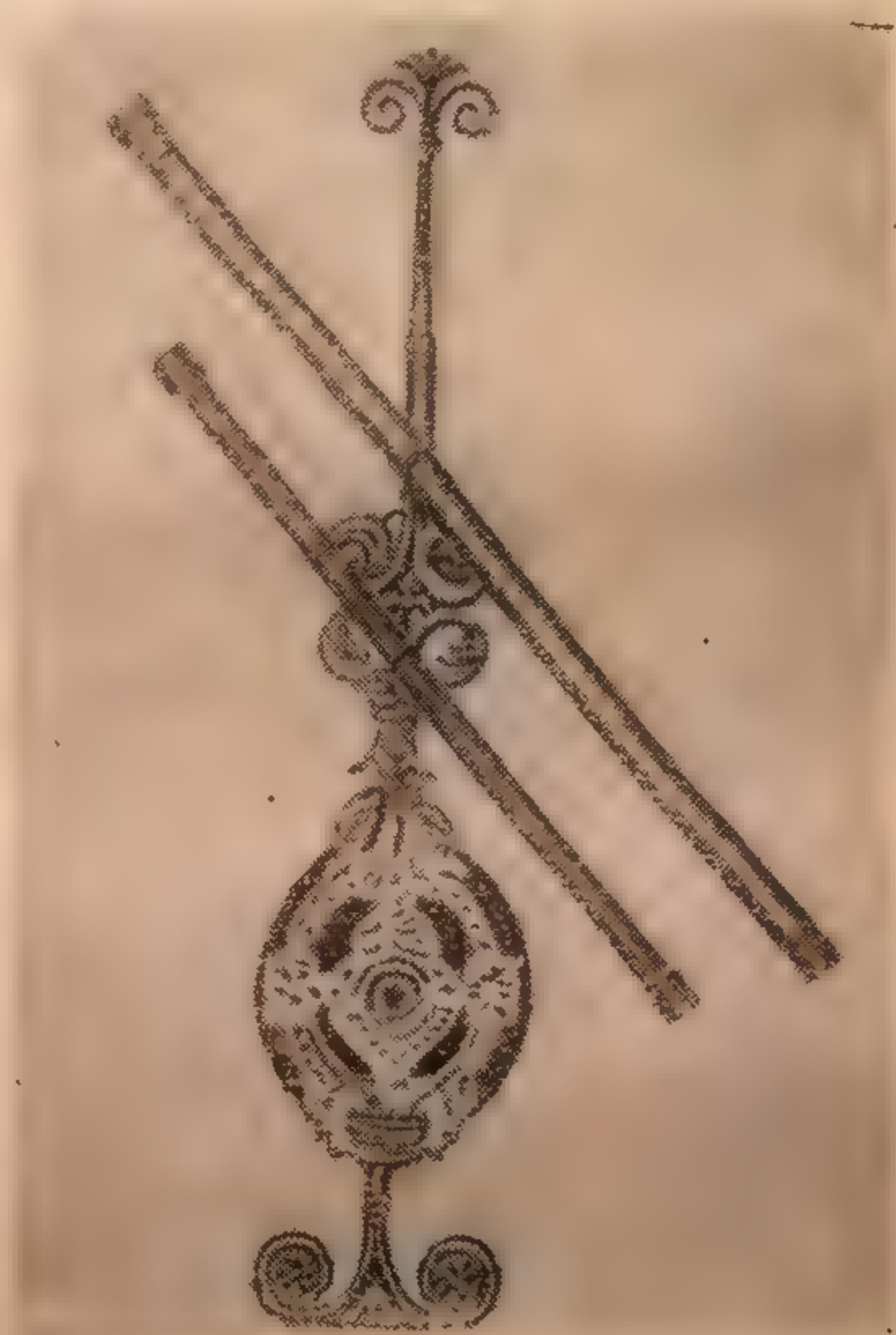
Так, идя путями экспериментально-математического метода, всегда основывая все свои доказательства только на уже доказанных положениях, Галилей при помощи осуществленных им опытов установил закономерности движения свободно падающих тел. Оказалось, вопреки утверждениям Аристотеля и его последователей, что все тела, независимо от их тяжести, падают с одинаковым ускорением. Галилей обосновал принцип инерции — свойство тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока какая-либо приложенная к нему сила не изменит это состояние. Галилеем были заложены принципы рациональной

механики.
в последующем
Галилей
хотя вопреки
крупнейшим
утверждениям
блудателем
шью оптич
Вполне
англичан
(1560—162
Галилей нача
неба в теле
шая заслу
ключается
одним из
вив зрите
своей ко
небо, сдела
открытия
самым нача
в развитии
эры постел
прерывного
границ поз
необъятног
ства вселен
Первый
ный Гали
с преломл
(сейчас та
рами) дав
новые же
сделаны с
нием в три
ленной, осс
нечной, сис
крытия Гал
Но в ту эпо
геворот в
ти, в частн

механики, ставшие основой развития естествознания в последующие века.

Галилей не был изобретателем зрительной трубы, хотя вопросы оптики его всегда интересовали и он был крупнейшим ее знатоком в свою эпоху. Нет оснований утверждать также, что Галилей был первым наблюдателем неба с помощью оптических средств. Вполне возможно, что англичанин Т. Гарриот (1560—1621) раньше Галилея начал наблюдения неба в телескоп. Величайшая заслуга Галилея заключается в том, что он, одним из первых направив зрительную трубу своей конструкции на небо, сделал выдающиеся открытия и положил тем самым начало новой эры в развитии астрономии — эры постепенного и непрерывного расширения границ познанной части необъятного пространства вселенной.

Первый изготовленный Галилеем телескоп с преломляющей линзой (сейчас такие инструменты называются рефракторами) давал только девятикратное увеличение. Основные же астрономические открытия Галилея были сделаны с помощью построенной им трубы с увеличением в тридцать раз. В свете современных знаний о вселенной, особенно знаний о физической природе тел солнечной системы (хотя и недостаточно еще полных), открытия Галилея могут представиться весьма скромными. Но в ту эпоху его наблюдения означали величайший переворот в астрономии. Наблюдения Галилея подтвердили, в частности, блестящие умозрительные высказывания



Зрительная труба Галилея.

крупнейших мыслителей прошлых веков о природе небесных тел.

Уже первые наблюдения, выполненные Галилеем с помощью телескопа, позволили сделать ряд замечательных



Луна в небольшой телескоп.

открытий. При наблюдениях Луны, проведенных Галилеем, были обнаружены основные особенности рельефа спутника Земли. Оказалось, что лунный рельеф в общем не отличается от земного: на Луне были видны горы, долины, а также и равнины, ошибочно принятые их первыми наблюдателями за моря. Наблюдая планету Венеру, Галилей обнаружил изменения формы ее видимой

изме
71
части, об
ния Солн
что Венер
менем с
телями, п
сходства
вало нес

земного и
основы ка
Первы
зали такж
спутника,
четыре «б
спутников
своему вид
находятся
Открытие
Земля и д
тела могу
В сущност
вавшее о

части, обусловленные различными условиями ее освещения Солнцем (фазы Венеры). Это явление подтверждало, что Венера светит отраженным светом Солнца. Со временем стало бесспорным, что и все планеты являются телами, получающими свет от Солнца. Установление сходства в строении поверхности Земли и Луны доказывало несостоятельность концепции о противоположности



Юпитер и его четыре ярких спутника.

земного и небесного и тем самым разрушало самые основы канонической космологии.

Первые же наблюдения с помощью телескопа показали также, что вокруг Юпитера обращаются четыре спутника, аналогичных Луне — спутнику Земли. Эти четыре «больших» спутника Юпитера (восемь «малых» спутников были открыты в конце XIX в. и в XX в.) по своему видимому блеску (около 6-й звездной величины) находятся на пределе обычного человеческого зрения. Открытие спутников Юпитера показывало, что не только Земля и даже не только Солнце, но и другие небесные тела могут быть центрами обращения космических тел. В сущности, это было первое открытие, свидетельствовавшее о том, что во вселенной могут быть космические

системы разных порядков, т. е. что небесное тело, в данном случае Юпитер, являясь центром обращения своих спутников, в то же время может входить в космическую систему более высокого порядка, иначе говоря, быть спутником Солнца.

Наблюдения Галилея доказали правильность гениальных догадок Демокрита и Ширакаси о том, что Млечный Путь является огромным скоплением звезд, неразличимых невооруженным глазом. Косвенное подтверждение получило и мнение Бруно о том, что звезды — это тела, подобные Солнцу, что Солнце является одной из бесчисленных звезд. Особое значение приобретало еще одно из первых открытий Галилея, сделанных с помощью телескопа, — открытие солнечных пятен. Правда, солнечные пятна при особо благоприятных условиях наблюдались невооруженным глазом значительно раньше. Такие наблюдения описаны, в частности, в китайских и русских летописях за много веков до Галилея. Но эти наблюдения ничего не говорили о том, принадлежат ли пятна, видимые на Солнце, самому Солнцу, или являются проекцией каких-то неизвестных тел на диск Солнца. Наблюдения Галилея показывали, что пятна последовательно меняют свое положение на диске Солнца, и при этом в одном направлении, из чего можно было заключить, что самому Солнцу, а следовательно, и его пятнам присуще вращательное движение, подобное осевому вращению Земли, теоретически обоснованному Коперником.

Таким образом, было установлено, что пятна являются какими-то материальными образованиями на Солнце, которые участвуют в его вращательном движении, что не только Земля обладает осевым вращением, но оно, по видимому, присуще и другим небесным телам.

Первые открытия Галилея, опубликованные им в труде «Nuncius Sidereus» («Звездный Вестник»), произвели огромное впечатление на современников и явились действенным стимулом для начала и дальнейшего развития наблюдений с помощью телескопа в ряде стран Европы. Сам Галилей как ученый к этому времени уже пользовался широкой известностью и авторитетом. Этому чрезвычайно способствовало то, что он порвал с тради-

цией писания научных трудов только на латинском языке. Свои исследования он излагал на родном, итальянском языке. Блестящий писатель, Галилей может быть назван одним из основоположников научной литературы на западноевропейских языках.

Интересно отметить, что иезуиты также были в числе первых наблюдателей при помощи телескопа. Иезуит Шейнер очень скоро после Галилея обнаружил солнечные пятна, занялся их наблюдениями и даже оспаривал у Галилея приоритет этого открытия. Наблюдения иезуитов преследовали определенную цель — не отстать от новых открытий, но «привести» их в согласие с католической догматикой, дать этим открытиям соответствующее толкование. Поскольку ни Библия, ни Аристотель не предполагали существования пятен на Солнце, Шейнер утверждал, что пятна не связаны с Солнцем, а представляют собой какие-то тела, оказывающиеся в поле зрения наблюдателя.

Открытия Галилея были началом последующего прогресса наблюдательной астрономии. Но их ближайшее, непосредственное значение заключалось прежде всего в том, что они подтверждали истинность учения Коперника. Именно так расценивал свои открытия сам Галилей, так расценивали их и его передовые современники, в числе которых был и Кеплер, в эти же годы установивший первые два закона обращения планет.

Так же расценивала значение деятельности Галилея и его открытий католическая церковь. В свое время Бруно был привлечен к суду инквизиции и сожжен как ересиарх, как монах-отступник, враг католической церкви: его космологические воззрения были неразрывно связаны с его свободомыслием в вопросах веры и отрицанием авторитета церкви. Не менее опасной для католической догматики оказалась деятельность светских ученых, таких, как Галилей. Они не высказывались непосредственно по вопросам религии, но всей своей деятельностью, направленной на развитие и распространение учения Коперника, на опровержение аристотелевской физики, на создание новых путей и методов исследования природы, они утверждали новое мировоззрение, несовместимое с теологией и схоластикой.

В вопросе об отношении к новому научному мировоззрению католическая церковь почти на три четверти века усвоила точку зрения протестанта Оснандера. Она по-своему признавала свободу научного исследования, но только как свободу выдвижения условных гипотез для «спасения явлений» и для «удобства вычислений». Ясно, что в рамки такой «свободы» исследования никак не могла уложиться система мира Коперника, понимаемая как описание реального устройства вселенной и, благодаря открытиям Галилея и его популяризаторской деятельности, становившаяся известной все более и более широкому кругу людей. Гелиоцентрическая система находила все больше сторонников не только в светской науке, но даже и среди деятелей самой церкви, главным образом тех, кому не чужда была идея «двойственной» истины. Все это явилось причиной того, что отношение католической церкви к учению Коперника резко изменилось. Если раньше оно допускалось в качестве условной гипотезы, то теперь была признана полная его несовместимость с церковной догматикой.

В марте 1616 г. папская конгрегация в Риме вынесла решение о включении книги Коперника в «Index librorum prohibitorum» («Список запрещенных книг»). Решение было мотивировано тем, что учение о движении Земли и неподвижности Солнца ложно и противно священному писанию, и в равной мере тем, что это учение получило уже широкое распространение и многими принимается за истинное.

Канонический запрет учения Коперника давал ранее отсутствовавшее юридическое основание привлекать к суду инквизиции не только еретиков в прямом смысле, каким был Бруно, но и любого ученого, последователя Коперника, хотя бы во всем остальном он был верным сыном католической церкви. На время Галилей вынужден был отказаться от публикации своих астрономических работ и от открытых выступлений в защиту учения Коперника.

В 1624 г., однако, Галилей распространил в рукописях свою небольшую статью, составленную в форме ответа на написанное значительно раньше письмо католического богослова Инголи, выступившего в защиту геоцентризма. В статье Галилей приводит физические

доводы в пользу движения Земли. Его возражения в основном строятся на принципе относительности движения. Он утверждает, что равномерное движение Земли не может быть подмечено находящимся на ней наблюдателем, если только воздушная оболочка Земли вместе с ней участвует в ее движении, а это Галилей считал несомненным.

В последующие годы Галилей работал над большой, смело и оригинально задуманной книгой. Он решил собрать все доводы и соображения, говорящие в пользу истинности учения Коперника. Книга была составлена в форме диалога, которая в данном случае диктовалась не только сложившейся многовековой традицией (отчасти к этому времени преодоленной), но и существом поставленной задачи. У Галилея, как и у Коперника, не было прямых и непосредственных доказательств пространственного и вращательного движения Земли. Форма диалога между сторонниками системы мира Коперника и сторонниками геоцентрической системы мира давала наилучшую возможность показать, что доводы в пользу нового учения неизмеримо более убедительны и что в его свете получают объяснение факты и явления, не укладывающиеся в рамки старой теории. Труд был озаглавлен: «Диалог о двух главнейших системах мира — Птолемеевой и Коперниковой».

Книга Галилея вышла в свет в 1632 г., после того, как она прошла церковную цензуру и была ею допущена к опубликованию. Тем не менее после выхода «Диалога» Галилей был привлечен к суду инквизиции. Юридическим основанием для этого было то, что в 1616 г. он предупреждался инквизицией о недопустимости пропаганды учения о движении Земли и неподвижности Солнца, но, как видно из содержания «Диалога», этим предупреждением пренебрег. Об этом свидетельствовали и упоминания в документах инквизиционного процесса Галилея. Однако многие исследователи, в числе их выдающийся русский астроном Ф. А. Бредихин (1831—1904), высказали мнение, что «предупреждение» было сфабриковано непосредственно перед процессом в целях формального обоснования обвинения Галилея в пропаганде осужденных церковью взглядов, не считаясь с тем,

что эта пропаганда содержалась в книге, пропущенной папской цензурой. Нет необходимости подробно описывать следствие по делу Галилея, его осуждение и вынужденное отречение от своих взглядов. Существеннее отметить другое, а именно то, что Галилей, оказавшийся после осуждения почти до конца жизни под надзором инквизиции, продолжал научную работу. В Италии издание его трудов было невозможно, но в Голландии в 1636 г. был издан труд Галилея, посвященный вопросам технической механики. В это время «Диалог» переводился на другие языки и широко распространялся в тех странах Европы, в которых развитие научной мысли и исследования природы не контролировалось римской церковью, а «своя» церковь была бессильна помешать этому развитию.

Значение «Диалога» заключалось не только в том, что в нем в яркой и доступной форме было изложено новое астрономическое учение, но еще и в том, что здесь с наибольшей ясностью отражено общее научно-философское мировоззрение Галилея.

Главным в мировоззрении Галилея было то, что он обосновал и разграничил понятия абсолютного и относительного познания. Галилей считал, что природа безгранична и что достигнутый человечеством уровень знаний не может исчерпать все многообразие явлений природы. Но в то же время он утверждал, что те истины, которые познает человеческий разум, хотя и не полны, но являются абсолютно достоверными. В этом заключается абсолютность человеческого знания: то, что познано — познано достоверно. Прогресс человеческого знания заключается именно в том, что расширяется круг достоверно познаваемых истин. Вместе с тем, достоверность знаний о природе может быть достигнута только на основе критики данных внешнего (чувственного) опыта. Схоластики — последователи Аристотеля — даже и во времена Галилея отвергали опыт как метод познания, но принимали все видимое за действительное. Тем самым они оказывались в плену самого примитивного эмпиризма, который обязывал считать видимые явления, например видимые движения небесных тел, за действительные и отрицать действительные явления. Заслуга

Галилея состоит в том, что он подтвердил реальность движений невидимых и как будто противоречащих непосредственному восприятию, утверждая тем самым критическое отношение к данным внешнего опыта. Таким образом Галилей был прямым продолжателем Коперника и в развитии теории познания.

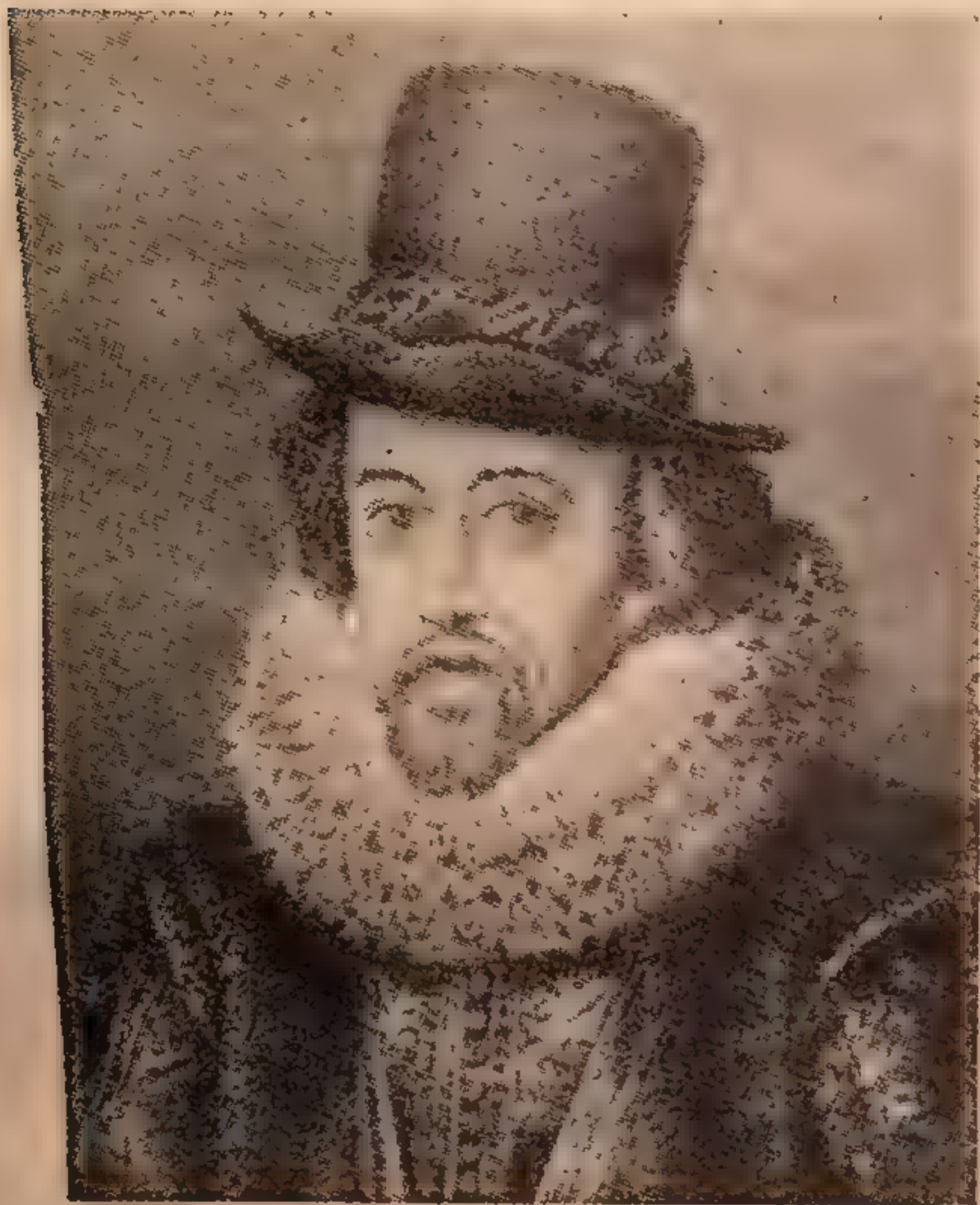
В этом направлении Галилей был предшественником выдающегося английского философа-материалиста Д. Локка (1632—1704), который выдвинул учение о первичных и вторичных качествах материи. Первичные качества — материальность, протяженность, масса и т. д. — принадлежат самим предметам. Вторичные качества — вкус, запах и т. д. — являются свойствами восприятия, но не принадлежат самим предметам. Задолго до Локка Галилей утверждал, что в основе знания лежат данные чувственного опыта, но не принимаемые на веру, а проверяемые наблюдением, экспериментом, математическим анализом, с помощью которых только и возможно отделить объективное от субъективного, первичное от вторичного. Как ученый, одним из первых направивший телескоп на небо, Галилей во много раз расширил границы познанного мира, как философ — он наметил пути и методы для дальнейшего расширения этих границ.

8. Космология Декарта

Заслугу обоснования опытного метода изучения природы разделяет с Галилеем его современник, основоположник английской материалистической философии Френсис Бэкон (1561—1626). Бэкон утверждал, что процесс познания природы основан на отыскании и установлении в ней объективных причинных связей, что всякая достоверная истина может быть выявлена только путем анализа возможно большего числа фактов (индуктивный метод), только изучение единичных явлений и их взаимосвязей дает возможность достигнуть широких обобщений, открыть общие законы природы.

Влияние Галилея и Бэкона в наибольшей степени определило направление и характер развития естествознания в XVII—XVIII вв. В основе этого развития было утверждение материальности мира и его познаваемости,

стремление к усовершенствованию методов и расширению границ познания. Достигнув в этом направлении огромных успехов, естествознание XVII и XVIII вв. было, однако, механистическим и метафизическим. Механисти-



Френсис Бэкон (1561—1626).

ческим — потому, что, рассматривая движение как неотъемлемое свойство материи, оно сводило само движение к механическому перемещению тел. Метафизическим — потому, что природа во всей своей бесконечности и во всем многообразии происходящих в ней явлений представлялась как нечто неизменное во времени, раз и навсегда данное.

Учение Коперника, развитое и подкрепленное трудами Кеплера и Галилея, нашло горячего сторонника в лице выдающегося

французского естествоиспытателя и философа Р. Декарта (1596—1650).

С именем Декарта связан ряд выдающихся открытий в области математики и физики. В частности, в его трудах получили обоснование принципы сохранения движения и инерции движения. Декарт ввел понятие о «мере» движения, под которой он понимал произведение массы движущегося тела на скорость его движения. Конечно, Декарт, как и его предшественники, рассматривал только механическое движение, т. е. перемещение тел в пространстве. Но если прежде покой рассматривался как первичное («естественное») состояние тел, а движение — как нарушение покоя под воздействием внешних сил, прила-гаемых к данному телу, то Декарт, развивая понятие об

и приоб-
частно-
женем
тики —
тал на
тия о пер-
личине.
Декарт
особое зна-
тематическ
дованию
Индуктивн
тоду Бэкона
которого ле-
изе исследо-
ничных явл-
следовател-
шение да-
та, Декарт
поставлял
дуктивный
ны на ус-
общих за-
стей прир-
математи-
гических
и вывод
экспери-
взаимно-
лись то-
Фило-
нистиче-
в своей
зическ
природ-
кой це-
его х
подчин-
Затем
части

инерции движения, считал покой нарушением движения и приближался таким образом к пониманию покоя как частного случая движения. Величайшим научным достижением Декарта было создание нового раздела математики — аналитической геометрии, которую он разработал на основе понятия о переменной величине.

Декарт придавал особое значение математическому исследованию природы. Индуктивному методу Бэкона, в основе которого лежит опытное исследование единичных явлений и последовательное обобщение данных опыта, Декарт противопоставлял метод дедуктивный, основанный на установлении общих закономерностей природы путем математических и логических заключений

и выводов. Галилей и Бэкон развивали и утверждали экспериментальное и математическое исследование в их взаимной связи. Для Декарта опыт и эксперимент являлись только дополнением к дедуктивному исследованию.

Философские взгляды Декарта отражали его механистическо-материалистическое мировоззрение. Однако в своей космологии Декарт вышел за пределы метафизических представлений, утверждавших неизменяемость природы. Рассматривая вселенную во всей ее материальной целостности, Декарт исходил из идеи первоначального хаоса, в котором движения частиц материи еще не подчинялись каким-либо определенным закономерностям. Затем, согласно его взглядам, движение материальных частиц постепенно приобрело характер центробежных



Рене Декарт (1596—1650).

вихревых движений, в результате которых образовались космические тела — Солнце и звезды, планеты и кометы. Вихревые движения обуславливают существующее строение солнечной системы и, в частности, обращение планет вокруг центрального тела — Солнца.



Бенедикт Спиноза (1632—1677).

Таким образом, Декарт развивал материалистическое учение, охватывавшее не только строение, но и развитие вселенной. Не случайно, что, живя и работая в Голландии, одной из передовых стран XVII в., он, тем не менее, подвергался преследованиям со стороны протестантских богословов. Однако одновременно с этими материалистическими представлениями Декарт признавал сотворение мира богом: он считал, что и сама материя и движе-

ние могли быть созданы только в результате деятельности божественных сил. Психические явления, мышление в философии Декарта оказывались за пределами материального мира, и прогрессивная для своего времени физика Декарта дополнялась в его мировоззрении идеалистической метафизикой. По пути материализма значительно дальше Декарта и других мыслителей XVII в. шел голландский философ Б. Спиноза (1632—1677), утверждавший вечность материальной субстанции, которая никогда и никем не была сотворена, и считавший, что природа есть «causa sui» (причина самой себя), одаренная абсолютно бесконечной способностью существования.

9. Наблюдательная астрономия XVII в.

Развитие науки о вселенной в XVII в. отражало общие черты и особенности развития естествознания. XVII век вошел в историю астрономии как век выдающихся открытий и достижений, значительно расширивших границы познанного мира. Эти успехи могли быть достигнуты только на основе непрерывного совершенствования средств наблюдений. Первые телескопические наблюдения Галилея и его современников были сделаны, как уже указывалось, с помощью очень небольших инструментов, дававших, однако, возможность наблюдать объекты, недоступные для невооруженного глаза. Постепенное увеличение размеров (а значит, и мощности) инструментов, достигавшееся благодаря совершенствованию оптического мастерства, позволяло расширять границы части вселенной, доступной для человеческого зрения. Но этого было недостаточно. Перед конструкторами астрономических инструментов стала задача — усовершенствовать с помощью оптических средств инструменты, предназначенные для определения направлений на небесные объекты и их положений, для измерения угловых расстояний на небесной сфере и диаметров небесных светил. Впервые это осуществил в Англии В. Гаскойн (1612—1644), применивший в телескопе микрометр (систему перекрестных нитей на нижнем, окулярном конце трубы), позволявший измерять углы уже не с минутной, как прежде, а с секундной точностью. Для совершенствования астрономических наблюдений крупнейшее значение имело открытие Декартом закона преломления света (1637). Это открытие потом стало основой для расчета оптических линз, вместо их эмпирического подбора. Важными достижениями было также применение Гюйгенсом в Голландии часов с маятником (1656) и создание Ньютоном в Англии новой системы телескопа, в которой преломляющая линза объектива заменяется вогнутым отражательным зеркалом (1668); такие телескопы получили наименование рефлекторов, в отличие от телескопов с линзами, которые стали именоваться рефракторами.

Развитие наблюдательной астрономии в XVII в. в Англии было в наибольшей степени связано с тем, что Англия, вступившая на капиталистический путь развития, вела борьбу за колонии и за господство на морях. В ходе этой борьбы Англия постепенно оттеснила своих конкурентов, в частности Голландию, на второй план и на долгое время стала «владычицей морей». Развитие в этой стране астрономических наблюдений, особенно наблюдений положения звезд, в наибольшей степени определялось практическими задачами. Примерно в это же время подобные же задачи стали перед астрономией в некоторых странах континентальной Европы. Поэтому, начиная со второй половины XVII в., в ряде стран были созданы государственные обсерватории (1671 — Парижская, 1676 — Гринвичская в Англии, несколько позднее — Копенгагенская) и стали практиковаться экспедиции для наблюдения звезд, невидимых в европейских широтах. Так было положено начало широкому развитию звездной астрометрии (занимающейся измерением положений звезд), которое было связано с практическими задачами и вместе с тем привело, как это будет далее видно, к открытиям и обобщениям, имевшим важнейшее значение для познания строения звездной вселенной.

В течение XVII в. далеко продвинулось изучение солнечной системы. Первые открытия в этом направлении, сделанные Галилеем в начале века, быстро умножились, благодаря новым достижениям.

Крупнейшим после Галилея астрономом-наблюдателем XVII в. был польский ученый Ян Гевелий (1611—1687), живший и работавший в Гданьске. Много лет он посвятил тщательным наблюдениям Луны. Изданный им в 1647 г. капитальный труд «Селенография», снабженный атласом выполненных им же гравюр, заключал в себе подробное описание форм и деталей лунной поверхности. Введенные Гевелием названия многих горных хребтов и «морей» на Луне в большинстве своем сохраняются и в настоящее время. Помимо данных о Луне, книга Гевелия знакомила с устройством вселенной в свете гелиоцентрической системы мира. «Селенография» Гевелия была переведена на русский язык (год пере-

вода неизмен
но рукопис
Алексеевич
с астроном
(1654—1668)
труд, посвя
зору всех
комет, сз
торых ему
брать. В эт
сти еще бо
боту выло
временно
другой по
ный Стани
Любенецкий
1675). В и
труде «The
ticum»
комет», 16
материал о
ниях комет
2312 г. до н
до 1665 г.
Гевелий
вым из аст
вого врем
шимся пр
ности, че
ния он в
тов без г
наблюден
Исклю
номии им
ученого
один из
волнову
практиче
расчетов
ему соз
ские инс

всегда неизвестен). Правда, она не была издана в России, но рукопись ее находилась в библиотеке царя Федора Алексеевича, и можно думать, что по ней ознакомился с астрономией будущий император Петр I. Позже (1654—1668) Гевелий опубликовал другой капитальный труд, посвященный обзору всех появлений комет, сведения о которых ему удалось собрать. В этой же области еще большую работу выполнил одновременно с Гевелием другой польский ученый Станислав Роль-Любенецкий (1623—1675). В изданном им труде «Theatrum Cometicum» («Обозрение комет», 1667) собран материал о 415 появлениях комет, начиная с 2312 г. до н. э. и вплоть до 1665 г.



Христиан Гюйгенс (1629—1695).

Гевелий был первым из астрономов нового времени, добившимся при наблюдениях положений звезд большей точности, чем в свое время Тихо Браге, хотя эти наблюдения он вел также при помощи угломерных инструментов без применения оптических средств. В итоге своих наблюдений он издал каталог положений 1500 звезд.

Исключительно важное значение для развития астрономии имела деятельность выдающегося голландского ученого Христиана Гюйгенса (1629—1695). Гюйгенс, один из основоположников научной оптики, разработал волновую теорию света. Он много и успешно занимался практической оптикой и достиг больших успехов в деле расчетов, изготовления и шлифовки линз, что позволило ему создать лучшие для своего времени астрономические инструменты (об изобретении им часов с маятником

уже упоминалось выше). Основным объектом наблюдений Гюйгенса был Сатурн. Еще Галилей при своих первых телескопических наблюдениях обнаружил какие-то необычные «придатки» у диска Сатурна. Но более подробно рассмотреть их в его трубу было невозможно. Гюйгенсу удалось установить, что Сатурн окружен тонким и плоским кольцом. В 1655 г. Гюйгенсом был открыт наибольший по размерам спутник Сатурна — Титан. Позднее, во второй половине XVII в., еще четыре спутника Сатурна были открыты французским астрономом Д. Кассини (1625—1712).

В 1698 г., уже после смерти Гюйгенса, было издано его популярное сочинение «Cosmotheoros» («Книга мирозрения»), в котором он изложил успехи и достижения астрономии и свои космологические воззрения. Гюйгенс считал уже совершенно бесспорным, что звезды являются телами, ничем не отличающимися от Солнца, и что вокруг них обращаются системы планет, подобных планетам солнечной системы. Гюйгенс был убежденным сторонником идеи множественности обитаемых миров и горячо ее пропагандировал.

Несмотря на то, что за полтора века после Коперника точность наблюдений звезд значительно повысилась, в особенности благодаря трудам Гаскойна, Гевелия и Гюйгенса, смещения звезд, вызываемые движением Земли (параллактические смещения), так и не были обнаружены. Это указывало на то, что параллаксы звезд *) очень малы, а следовательно, расстояния до звезд огромны и пока не поддаются измерению. Тем не менее Гюйгенс оригинальным способом пытался оценить расстояние до Сириуса. Для этого он сравнивал блеск Сириуса с блеском «искусственной» звезды, образуемой путем рассеяния солнечного света на стеклянном шарике и имеющей блеск, примерно равный видимому блеску Сириуса. Такой фотометрический метод сравнительной оценки блеска небесных тел с помощью «искусственных» звезд стал широко применяться в астрономической

*) Параллаксом звезды называют угол, под которым со звезды может быть видна большая полуось земной орбиты, т. е. «астрономическая единица», в предположении, что эта полуось расположена перпендикулярно к лучу зрения.

...матрикс
...источного
...единицы
...лучает в
...ше.7 к
...менее 28
...расстояние
...единиц
Интерес
«Cosmotheo
ний и ге
В 1717 г. К
указанию
ский астро
и издана п
вестно, уч
в России и
реформ, и
церковным
книг, полу
10.
Великие
госветное
образную
ток уточне
дуги мер
в течение
ный Я. С
ления от
отрезков
ляются т
рения от
сом в Го
ли и Ф
величину
это возм
времени
Ж. Пика
градуса

практике только во второй половине XIX в. Исходя из условного допущения, что Солнце и Сириус излучают одинаковое количество света (на самом деле Сириус излучает в 17 раз более света, чем Солнце), Гюйгенс пришел к выводу, что расстояние до Сириуса составляет не менее 28 000 астрономических единиц (действительное расстояние до Сириуса — около 550 000 астрономических единиц).

Интересно отметить особую роль, которую сыграл «Cosmotheogogus» в распространении астрономических знаний и гелиоцентрического мировоззрения в России. В 1717 г. книга эта была переведена на русский язык по указанию Петра I (переводчиком был виднейший русский астроном конца XVII и начала XVIII в. Я. В. Брюс) и издана под названием «Книга мирозрения». Как известно, учение Коперника получило распространение в России именно в начале XVIII в., в эпоху Петровских реформ, и было встречено крайне враждебно реакционно-церковными кругами. Книга Гюйгенса была лучшей из книг, популяризовавших учение Коперника в России.

10. Измерение Земли и солнечной системы

Великие географические открытия, в особенности кругосветное путешествие Магеллана, подтвердившее шарообразную форму Земли, послужили стимулом для попыток уточнения размеров Земли по измерениям отрезков дуги меридиана. Такие попытки делались неоднократно в течение XVII в. В начале этого века голландский ученый Я. Снеллиус (1591—1626) предложил метод исчисления отдельных отрезков дуги путем построения вдоль отрезков сети треугольников, элементы которых вычисляются тригонометрически (метод триангуляции). Измерения отрезков дуги меридиана, проведенные Снеллиусом в Голландии, а также учеными других стран (Англии и Франции), дали возможность получить линейную величину градуса меридиана с большей точностью, чем это возможно было раньше. Наиболее точное для того времени значение получил в 1671 г. французский ученый Ж. Пикар (1620—1682). Исходя из найденной величины градуса, он вычислил радиус и окружность Земли,

принимаемой за правильный шар. Однако уже в 1671—1674 гг. было обнаружено, что в экваториальных широтах качание маятника происходит медленнее, чем в европейских широтах. Это впервые навело на мысль о том, что Земля не является правильным шаром, но сжата в направлении оси вращения. Окончательно вопрос о сжатии Земли был решен значительно позже, уже на основе закона всемирного тяготения.

Необходимо отметить те открытия XVII в., которые имели особое значение для выяснения размеров солнечной системы. Как уже было сказано, Коперник определил расстояния планет от Солнца, т. е. радиусы их орбит, в единицах радиуса земной орбиты. Таким образом, для того чтобы получить эти расстояния в известных единицах длины, например в милях, достаточно было определить расстояние от Земли до Солнца, но это требовало чрезвычайно точного измерения величины солнечного параллакса, т. е. угла, под которым с Солнца виден перпендикулярный к лучу зрения радиус земного шара.

Английский астроном И. Горрокс (1617—1641) впервые наблюдал (1639) прохождение Венеры по диску Солнца (явление чрезвычайно редкое, повторяющееся через очень длительные интервалы времени: последующие прохождения приходились на 1761 и 1769, затем на 1874 и 1882 гг.). Знаменитый английский астроном Э. Галлей (1656—1742) предложил способ определения солнечного параллакса путем наблюдений прохождения Венеры из многих пунктов в различных местах земного шара и сравнения продолжительности явления в каждом пункте. Но осуществить эту идею можно было только при ближайшем очередном прохождении, т. е. в 1761 г. Поэтому в XVII в. пришлось изыскивать другие методы для определения размеров солнечной системы. В 1672 г. французские ученые Д. Кассини (первый директор Парижской обсерватории) и Ш. Рише измерили расстояние Марса от Земли, наблюдая его одновременно из Парижа и из Кайенны (Южная Америка). Это позволило вычислить и расстояние от Земли до Солнца, но из-за несовершенства измерений оно оказалось несколько преуменьшенным, равным 140 млн. км (как указывалось выше,

согласно современным
разна 149,5 млн.
системы
определяется

решена. В с
ставления о
шихся более
себе Коперни
в XIX в. уда
опять-таки т
В 1675 г
было сделано

согласно современным данным астрономическая единица равна 149,5 млн. км). Тем не менее размеры солнечной системы приблизительно были установлены. Задача же определения расстояния до звезд в XVII в. так и не была



Эдмунд Галлей (1656—1742).

решена. В следующем, XVIII в., уже сложились представления о расстояниях до ближайших звезд, оказавшихся более грандиозными, чем это могли представить себе Коперник, Кеплер и даже Гюйгенс. Но только в XIX в. удалось получить точные значения расстояний, опять-таки только для ближайших звезд.

В 1675 г. на основе астрономических наблюдений было сделано открытие, одинаково важное и для физики

и для астрономии и являющееся знаменательной вехой в истории естествознания. Работавший в то время во Франции датский астроном О. Рёмер (1644—1710) установил, что моменты затмений спутников Юпитера наступают раньше предвычисленных моментов при меньших расстояниях между Землей и Юпитером и, наоборот, позднее при больших расстояниях между ними. Это явление свидетельствовало о том, что время, необходимое для прохождения света от Юпитера до Земли, в первом и втором случае различно, из чего следовало, что свет распространяется не мгновенно, а имеет конечную, хотя и огромную скорость.

Труды ученых XVII в. по наблюдению комет и по изучению материалов, связанных с их прежними появлениями, завершились к концу века открытием, по новому осветившим вопрос о движении комет. Вопрос о роли комет в мироздании привлекал внимание многих ученых. Кометами особенно интересовался Кеплер, который считал, что комет во вселенной — великое множество («больше, чем рыб в океане»). Каталоги комет Гевелия и Роль-Любенецкого как будто подтверждали это мнение. В конце века Э. Галлей занялся изучением закономерностей движения комет, наблюдавшихся в минувшее время.

Изучая летописи и другие имевшиеся в его распоряжении материалы, содержавшие сведения о наблюдениях комет, Галлей определял их орбиты. При этом он обнаружил, что движения комет 1456, 1531, 1607 и 1682 гг. весьма сходны, и пришел к заключению, что во всех этих четырех случаях наблюдалась одна и та же комета, обращающаяся вокруг Солнца с периодом 75—76 лет. Таким образом, устанавливалось, что эта комета (получившая позже наименование кометы Галлея) является членом солнечной системы. Проверить правильность вывода Галлея можно было только при следующем появлении кометы, которое, по прогнозу Галлея, должно было состояться в 1758 г. Как будет видно из дальнейшего, эта проверка вывода Галлея была вместе с тем и проверкой закона всемирного тяготения Ньютона — величайшего научного завоевания XVII в.

11. Ньют
Таким
ческие ст
системе
В эту эпоху
дам Копер
развивали
шей степе
зависимос
физики, м
сти, огран
ствие несс
зело разви
когда Пто
ского миро
этой эпохи
Земли и
дальнейше
мым было
Создава
вышел за
лений свое
мея и да
Кеплер, ра
математич
того врем
объяснить
физическ
нием пла
после ряд
в XVII в.
ученый Д
рифмов (с
для посл
вычислен
нового ра
В этой ви
основана
кривых в
эллипс

11. Ньютон и открытие закона всемирного тяготения

Таким образом, в течение XVII в. многие астрономические открытия позволили углубить знания о солнечной системе и подтвердить достоверность учения Коперника. В эту эпоху, когда, в значительной мере благодаря трудам Коперника и Кеплера, Галилея и Бэкона, быстро развивались многие разделы естествознания, все в большей степени проявлялись взаимодействие и взаимная зависимость астрономии, с одной стороны, и математики, физики, механики, химии, с другой. Нередко, в частности, ограниченность физических представлений и отсутствие необходимого математического аппарата тормозило развитие астрономии. Так было уже во II в. н. э., когда Птолемей не смог выйти за рамки геоцентрического мировоззрения, так как физические представления этой эпохи не допускали возможности осевого вращения Земли и ее движения в пространстве. В XVII в. для дальнейшего развития астрономии особенно необходимым было совершенствование математики.

Создавая гелиоцентрическую систему мира, Коперник вышел за пределы традиционных физических представлений своего времени, сохранившихся со времен Птолемея и даже Аристотеля. Развивая учение Коперника, Кеплер, располагавший только теми не очень обширными математическими знаниями, которыми владела наука того времени, открыл законы движения планет. Однако объяснить на основе существующих математических и физических знаний природу сил, управляющих движением планет, Кеплер не смог. Это было сделано лишь после ряда успехов в области математики, достигнутых в XVII в. Уже в самом начале XVII в. шотландский ученый Дж. Непер (1550—1617) открыл свойства логарифмов (1614), создав тем самым прочный фундамент для последующего развития способов астрономических вычислений, а вслед затем Декарт разработал основы нового раздела математики — аналитической геометрии. В этой вновь созданной отрасли математики нашла свое обоснование теория конических сечений — различных кривых второго порядка. Одной из этих кривых является эллипс — найденная Кеплером форма планетных орбит.

Позже оказалось, что движение не всех небесных тел совершается по этой кривой: орбитами комет могут быть также и другие кривые второго порядка: парабола и гипербола. Кеплер в труде «Стереометрия винных бочек» развил некоторые предпосылки дифференциального



Исаак Ньютон (1643—1727).

исчисления, нового математического метода, получившего дальнейшее развитие совместно с интегральным исчислением уже во второй половине XVII в. в трудах немецкого математика и философа Г. Лейбница (1646—1716) и английского математика и физика Исаака Ньютона (1643—1727), с деятельностью которого связано открытие закона всемирного тяготения.

В свое время Галилей путем экспериментальных исследований разрушил сложившиеся в античной Греции представления о падении тел и обосновал, правда, в са-

мых общих чертах, закон инерции. Однако он отрицал возможность взаимодействия между телами на расстоянии, считая допущение такого взаимодействия возвратом к схоластике. Кеплер, обнаруживший зависимость скорости движения планеты от ее расстояния до Солнца в данный момент, зависимость между временем обращения планеты и ее средним расстоянием до Солнца и настойчиво искавший числовые закономерности в природе, не смог, тем не менее, определить количественную зависимость между силой тяжести и расстоянием до притягивающего тела.

Только в конце XVII в. Ньютоном был открыт закон всемирного тяготения и, таким образом, была создана теория, объяснившая закономерности движений в солнечной системе.

Ньютон родился в 1643 г. в Вулсторпе (Англия), получил образование в Кембриджском университете и вскоре (1669) стал профессором математики в этом же университете. Первые его исследования в области математики и физики, к которым он приступил в годы занятий в университете, протекали в условиях, сложившихся в стране после буржуазной революции и благоприятствовавших развитию точных наук. К этому времени относится и организация в Лондоне Королевского Общества (1662), сыгравшего большую роль в развитии естествознания. Деятельность Ньютона с самого начала была близко связана с Королевским Обществом (членом которого он был избран в 1672 г.), объединявшим в своих рядах лучших представителей английской науки. В первые же годы после открытия общества среди его членов проявился большой интерес к основным проблемам физики, к которым относились, в частности, вопросы о физическом взаимодействии тел солнечной системы и о природе света.

Впервые научная гипотеза о природе света была разработана Декартом, который считал, что свет распространяется вследствие мгновенной передачи давления от источника через эфир, среду тонкого строения, заполняющую все пространство между видимыми телами. Это предположение соответствовало более общему взгляду Декарта и его последователей, которые отрицали

возможность взаимодействия между телами на расстоянии, считая, что такое взаимодействие может происходить только через материальную среду. В этом Декарт расходился с мнением других ученых-атомистов, полагавших, что атомы непосредственно соприкасаются между собой и не разделены пустым пространством. Развивая воззрения Декарта, Гюйгенс объяснил законы преломления и отражения света.

Хуже обстояло дело с изучением физического взаимодействия между небесными телами: теория вихрей Декарта не давала объяснения особенностям движений тел солнечной системы. Если и возможно было допустить, что планеты в своем движении увлекаются эфирным вихрем, то движение комет, пересекающих плоскости планетных орбит и «вторгающихся» в планетные вихри, трудно было объяснить в рамках теории вихрей.

Гюйгенс в 1678 г. в своем «Рассуждении о причине тяжести» (изданном только в 1690 г.) сделал попытку решить проблему силы тяготения на основе положений физики Декарта. Еще раньше (1673), исследуя явление качания маятника, Гюйгенс выявил важные свойства центробежной и центростремительной силы. Однако, изучая движение планет, он не отождествил центростремительную силу с силой тяготения, а выдвинул иное объяснение, согласно которому тяжесть возникает как следствие механического движения тел и не присуща самим телам.

Ньютон еще с 60-х гг. XVII в. начал исследования движения тел солнечной системы и физической природы света. Разрешая обе эти проблемы, Ньютон пошел иными путями, чем Декарт и Гюйгенс.

Ньютон исходил из предположения, что тяготение есть свойство самих тел. Из этого следовало, что Луна обращается вокруг Земли под влиянием силы притяжения Земли, которая и является центростремительной силой, удерживающей Луну на ее орбите. Распространяя это пока еще гипотетическое положение на другие тела солнечной системы, можно было считать (к этой мысли Ньютон пришел уже в первых своих работах), что планеты движутся вокруг Солнца, также подчиняясь силе его притяжения, причем величина этой силы убывает об-

ратно пропорционально квадрату расстояния от притягивающего тела. Для проверки правильности этих предположений на примере Земли и Луны необходимо было знать точную величину радиуса Земли (а отсюда и расстояние от Земли до Луны, известное в единицах радиуса Земли). Для своих расчетов Ньютон взял величину радиуса Земли, определенную Пикаром из градусных измерений.

Исследованиями Ньютона было установлено, что величины ускорения движения Луны и ускорения падения тел у поверхности Земли хорошо согласуются с законом изменения силы тяготения с расстоянием. Этот факт свидетельствовал о том, что сила, обуславливающая падение тел на Земле, и сила, заставляющая Луну обращаться вокруг Земли, не падая и не улетая от нее,— одна и та же сила земного тяготения. Рассматривая, далее, закономерности движения планет и спутников планет, Ньютон убедился, что и в этом случае движения подчинены тому же закону, согласно которому сила тяготения между двумя телами пропорциональна произведению притягивающихся масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояний между ними. Таким образом было установлено тождество сил, управляющих движениями тел как на Земле, так и в далеких глубинах мирового пространства, тождество небесной и земной механики.

Ньютоном же были установлены три основных закона механики, одинаково справедливые и для Земли и для небесных тел. Первый закон: «Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не побуждается приложенными силами изменять это состояние». Второй закон: «Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует». Третий закон: «Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе, взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны».

Три сформулированных Ньютоном закона движения, вместе с законом всемирного тяготения, стали основой классической механики и ее практических приложений,

а тем самым и основой развития точного естествознания в XVIII и XIX вв.

Открытие этих законов было связано с завершением создания Ньютоном и Лейбницем дифференциального и интегрального исчисления, с помощью которых возможно было решать задачи, связанные с неравномерным движением.

Закон всемирного тяготения и основные законы механики, так же как и основные положения общего научно-философского мировоззрения Ньютона, были изложены им в труде «*Philosophiae naturalis principia mathematica*» («Математические начала натуральной философии»), вышедшем в свет на латинском языке (сокращенное наименование: «*Principia*», «Начала») в 1687 г. В подготовке издания этого труда большую помощь Ньютону оказал Галлей.

Исследования Ньютона по оптике начались примерно в одно время с его изысканиями по теории тяготения. Ньютон, как в свое время и Декарт, уделил большое внимание развитию оптики — науки о природе света, знание которой было необходимо для развития теории оптических инструментов, в частности телескопов. До Ньютона и Гюйгенса все достижения в области оптики сводились к установлению геометрических закономерностей распространения и преломления света. Ньютон начал исследования физической природы света. Наблюдая явление прохождения светового луча сквозь трехгранную призму, он обнаружил, что белый луч света разлагается на составляющие его цветные лучи (семь цветов спектра), которые, будучи вновь собранными вместе, опять дают белый луч. При этом Ньютон предложил иное объяснение природы света, чем Гюйгенс. Ньютон выдвинул так называемую корпускулярную теорию, согласно которой свет — это частицы материи, испускаемые источником света.

С практическими работами Ньютона по оптике связано создание им отражательного телескопа (рефлектора). Такой телескоп имел ряд преимуществ перед телескопами-рефракторами, которые давали не вполне четкие изображения из-за явления хроматической аберрации, обусловленной тем, что лучи разного цвета, проходя че-

рез объектив рефрактора, преломляются по-разному и не сходятся в одной точке. Впоследствии, уже в XVIII в., этот недостаток рефракторов был частично устранен, но значение рефлекторов не уменьшилось. И сейчас могут изготавливаться рефлекторы более мощные, чем рефракторы, причем они имеют неоспоримые преимущества при астрофизических исследованиях.

Основные научные труды Ньютона относятся к периоду его деятельности в Кембридже в качестве профессора университета. Позднее Ньютон оставил профессорскую деятельность и был назначен (в 1695) сначала хранителем, а затем и управляющим монетным двором. В 1703 г. он был избран президентом Королевского Общества и в этой должности оставался до своей смерти (1727).

12. Космология Ньютона

Труд Ньютона «Начала» был вершиной его научного творчества, а вместе с тем и наиболее полным отражением его научно-философских и космологических воззрений.

В физическом объяснении реального строения вселенной Ньютон пошел значительно дальше всех своих предшественников. Закон всемирного тяготения не только объяснял наблюдаемые движения уже известных тел солнечной системы, но и показал, что тяготение является общим свойством всех тел в природе — и земных и космических. В свете закона всемирного тяготения подтверждалась всеобщность и универсальность законов природы, без дополнительных условных допущений находили объяснение как движения космических тел (планет, их спутников, комет), так и движения тел на земле. В этом заключалось огромное преимущество физики Ньютона (всегда подчеркивавшего свое отрицательное отношение к гипотезам) над физикой Декарта, для которой объяснение наблюдаемых явлений связано было с выдвижением условных положений (например, о существовании эфира) и искусственных и противоречивых моделей вихрей, увлекающих тела.

В то же время отрицательное отношение Ньютона (хотя и декларативное) к гипотезам было отражением

его одностороннего эмпиризма. В своей научной методологии Ньютон был последователем Бэкона и Галилея. Научная деятельность Ньютона блестяще сочетала в себе опыт и математический анализ, в завершении создания которого Ньютону принадлежит большая заслуга. Однако и Ньютон и другие передовые ученые — его современники — не смогли подняться до понимания гипотезы как основной формы развития естествознания, которая одна только способна вести исследование от единичных наблюдений и анализа отдельных фактов к широким обобщениям и тем самым подводить к установлению основных законов природы.

Философский материализм Ньютона был ограниченным и непоследовательным. Если Декарт в своей космологии выдвигал идею развития вселенной, хотя и не был в состоянии объяснить это развитие с помощью сил самой природы, то в мировоззрении Ньютона солнечная система и вселенная в целом представлялись от века неизменными, существующими с момента своего возникновения в том же виде, какой они имеют в настоящее время. Само же возникновение материальной вселенной могло быть объяснено в свете воззрений Ньютона и действительно объяснялось им путем допущения акта творения. В философии Ньютона материя, пространство и движение не образуют неразрывно целостной картины мира. Пространство — толькоместилище материи, и его свойства не связаны с свойствами самой материи; оно могло бы существовать и без материи. В свою очередь движение не является неотъемлемым свойством материи и могло быть сообщено ей только извне; таким образом, и здесь фигурирует акт творения («первый толчок»).

В конце XVII в., после выхода в свет «Начал», развернулась борьба между сторонниками учений Ньютона и Декарта, в которой приняли участие наиболее выдающиеся ученые эпохи. Эта борьба, продолжавшаяся и в первой половине XVIII в., закончилась победой физики Ньютона: новые достижения науки подтвердили справедливость закона всемирного тяготения и основных начал классической механики. Физика Ньютона оказала огромное влияние на развитие естествознания в XVIII и XIX вв.

С помощью закона всемирного тяготения было окончательно обосновано учение Коперника, и гелиоцентрическая система мира получила признание как учение о действительном устройстве солнечной системы. Новые астрономические открытия, сделанные в XVIII в., значительно расширили границы познанного мира, и на этой основе сложились новые представления о строении звездной вселенной, в которой солнечной системе отводилось еще более скромное место, чем то, на котором в этой системе оказалась Земля после открытия Коперника. Учение Коперника, обогащенное новыми открытиями, не только разъяснило строение солнечной системы, но и послужило основой для дальнейшего развития знаний о строении вселенной.

IV. НАЧАЛО ИЗУЧЕНИЯ ЗВЕЗДНОЙ ВСЕЛЕННОЙ И КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ИДЕИ XVIII в.

Основным предметом изучения в астрономии XVII в. были тела солнечной системы. На протяжении этого века нашла полное подтверждение гелиоцентрическая система мира Коперника, были открыты новые члены солнечной системы — спутники Юпитера и Сатурна, а также кольцо Сатурна. С открытием закона всемирного тяготения оказалось, что законы движения, определенные для земных тел, действуют и во всей солнечной системе; были созданы основы небесной механики. В XVII в. началось изучение небесных тел с помощью оптических средств. Изобретение телескопа и использование его в качестве не только прибора для рассматривания небесных светил, но и измерительного инструмента дало возможность повысить точность наблюдений положений звезд, что приобретало особое практическое значение в условиях быстрого развития мореплавания. Наблюдения звездного неба с помощью телескопа, распространившиеся со временем на Южное полушарие, позволили установить, что количество звезд на небе несравненно больше, чем это считалось ранее.

В XVII в. было разрушено устарелое представление о сфере неподвижных звезд, и к концу века укрепилось мнение, что звезды являются небесными телами, подобными Солнцу. Однако и Солнце и звезды еще рассматривались как неподвижные тела. Параллактические смещения звезд, связанные с движением Земли вокруг Солнца, не были обнаружены, расстояния до звезд оставались неизвестными. Не было произведено даже сколько-нибудь надежной оценки этих расстояний, и, таким образом, неизвестно было, насколько они превышают

имеющиеся возможности для измерения параллаксов. Без опровержения ошибочного, но веками остававшегося неизблемым мнения о неподвижности звезд, без знания расстояний до них не мог быть решен вопрос о строении звездного мира. Совершенно неясным оставался самый основной вопрос: являются ли звезды телами, физически не связанными между собой, или же они составляют систему, в которой движения отдельных звезд регулируются единым для всей системы законом? Закон всемирного тяготения был установлен Ньютоном только для солнечной системы. Представлялось вероятным, что он распространяется и на далекие просторы звездного мира, что он является универсальным законом природы, но прямых доказательств этого наука в своем распоряжении не имела.

В XVIII в., особенно во второй его половине, усилия многих выдающихся исследователей были направлены на то, чтобы добыть знания о мире звезд.

1. Победа физики Ньютона

Астрономы XVIII в., как уже было отмечено, получили в наследство от предшествующего века два основных метода исследования: метод наблюдательно-измерительный и метод математический в виде основ небесной механики *). В течение XVIII в. были достигнуты крупнейшие успехи в дальнейшем развитии и усовершенствовании этих методов. Создание ахроматических (с исправленной хроматической аберрацией) объективов для рефракторов и улучшение техники изготовления зеркал

*) Начало небесной механики (теоретической астрономии) было положено открытием трех законов Кеплера. Эти законы рассматривают движение планеты (или другого небесного тела) вокруг Солнца под влиянием только притяжения самого Солнца. Закон всемирного тяготения углубил представления о движении небесных тел. Согласно этому закону каждая планета при своем движении вокруг Солнца испытывает, помимо солнечного притяжения, еще и притяжение других планет, вызывающее отклонения от ее движения по эллиптической орбите — так называемые возмущения. Дальнейшее развитие небесной механики заключалось в совершенствовании методов исследования возмущенного движения небесных тел во всей его сложности.

для рефлекторов, наряду с увеличением размеров инструментов, обеспечили значительное расширение наблюдательных возможностей и границ доступной для наблюдений части вселенной. Разработка методов и решение задач небесной механики, в котором приняли участие крупнейшие математики века, привело к тому, что небесная механика не только стала признанным образцом точной науки, но и опередила в своем развитии математическое естествознание в целом.

Однако в XVIII в. еще не было необходимых условий для возникновения и развития методов изучения физической природы небесных тел. Такие методы были созданы только в XIX в., когда на помощь астрономии пришли спектральный анализ и фотография, ставшие позже одними из основных средств исследования вселенной. В XVIII в. были сделаны лишь отдельные открытия, проливавшие свет на физическую природу планет, причем в самых общих чертах. В отношении же природы звезд и даже Солнца делались только робкие предположения; впрочем, наиболее смелые из них были подтверждены в дальнейшем развитии науки.

Начало XVIII в. было временем наиболее острой борьбы между физикой Декарта и физикой Ньютона. Воззрения Ньютона, особенно сформулированный им закон всемирного тяготения, прежде всего завоевали себе признание в самой Англии. Причина этого заключалась не только в заслуженном авторитете Ньютона среди ученых своей страны. Существенным было также то, что учение Коперника в Англии было признано раньше, чем в странах континента, вследствие чего и научные достижения Ньютона, вносящие новые закономерности в гелиоцентрическую систему мира, именно здесь нашли наиболее благоприятную почву. Основы учения Ньютона были теснейшим образом связаны с философией английских сенсуалистов*), оказавших большое влияние на

*) Сенсуализм — философское учение, утверждающее, что ощущения являются единственным источником познания. Признание ощущений объективным отражением реального мира, существующего независимо от человеческого сознания, приводит к материализму. Наиболее выдающимися сенсуалистами-материалистами были английские философы Ф. Бэкон и Д. Локк.

развитие математического и опытного естествознания в первую очередь в самой Англии. Наконец, Англия была уже промышленной страной, где в наибольшей степени требовалось развитие точных наук и техники, а механика Ньютона открывала возможность решения всех технических задач, которые могли быть поставлены в ту эпоху. В странах континентальной Европы, кроме Голландии, такие условия для быстрого и безусловного принятия открытий Ньютона еще не вполне сложились. В частности, во Франции, имевшей крупнейший научный центр — основанную в 1666 г. Парижскую Академию наук, — пользовались наибольшим влиянием физические воззрения последователей Декарта, в то время как наиболее прогрессивные идеи философии Декарта, в частности его космогонические представления, были в значительной степени забыты, а многие парижские академики даже не разделяли учение Коперника.

Выше уже указывалось, что в начале 70-х гг. XVII в. результаты измерения периода качания маятника на разных широтах навели на мысль, что форма Земли отлична от шарообразной. Ньютон показал, что сжатие Земли вдоль оси вращения обусловлено совместным влиянием силы тяготения и центробежной силы, развивающейся вследствие суточного вращения Земли. Величина сжатия Земли (сжатием Земли, рассматриваемой как эллипсоид вращения, называют отношение разности экваториального и полярного радиусов к экваториальному радиусу) определяется скоростью вращения Земли и особенностями ее внутреннего строения. Но о строении Земли, однако, ничего еще не было известно (геология начала складываться только во второй половине XVIII в., а геофизика еще позднее). Поэтому Ньютон мог определить величину сжатия только приближенно, исходя из допущения равномерной плотности Земли. Он нашел сжатие равным $1/230$ (в настоящее время для сжатия Земли принята величина $1/298$). У «сплюснутой» Земли кривизна поверхности должна быть наименьшей у полюсов и наибольшей — в экваториальной зоне, из чего следует, что длина градуса меридиана является наименьшей у экватора и увеличивается по мере приближения к полюсам. Соответствующее измерение могло

служить средством для проверки теоретических соображений Ньютона.

Градусные измерения, проведенные в XVII в. и в начале XVIII в., имели сравнительно невысокую точность, а главное — они не выходили за пределы узкого диапазона широт, преимущественно в Западной Европе. По их результатам еще нельзя было подтвердить вывод Ньютона.

Недостаточная точность градусных измерений привела к тому, что многие французские ученые, занимавшиеся такими измерениями (Ж. Кассини, Маральди и др.), на основании полученных ими данных выдвинули гипотезу, диаметрально противоположную выводу Ньютона, и утверждали, что Земля вытянута вдоль оси вращения, т. е. имеет не полярное, а экваториальное сжатие. Впрочем, и во Франции теория Ньютона вскоре нашла своих сторонников в лице выдающегося геодезиста П. Мопертюи (1698—1759) и великого математика А. Клеро (1713—1765), а затем ее поддержали и великие философы-энциклопедисты Д. Дидро (1713—1784) и Ж. Д'Аламбер (1717—1783).

В 1735—1744 гг. были выполнены, с наибольшей возможной тогда точностью, градусные измерения в экваториальной области Земли — в Перу (Южная Америка) и одновременно в полярной области — в Лапландии (в последней — под руководством самого Мопертюи при участии Клеро). Результаты этих измерений показали, что прав был Ньютон: длина градуса меридиана в Лапландии оказалась на 1,5 км больше, чем в Перу (и на 0,7 км больше, чем на территории Франции). В 1743 г. вышел классический труд Клеро «Теория фигуры Земли», в котором был рассмотрен вопрос о форме, которую должна была принять вращающаяся Земля под влиянием взаимного тяготения составляющих ее частиц. При этом Клеро исходил уже не из представления о равномерной плотности внутри всего объема Земли, как это делал Ньютон, а из предположения, принципиально подтвержденного современной наукой, что плотность Земли увеличивается в направлении от поверхности к центру.

Появление этого труда Клеро имело крупное значение для утверждения закона всемирного тяготения

в прим
блестя
нители
Галле
поздне
нем. Я
нечной
обраше
75—76
нее во
Солнцу
1682 г.
было о
ро выло
ту по пр
появлен
возмуш
которы
изойти
жения и
Юпитер
прохож
сравнит
стоянии
числил,
мушени
зиться
Так в
Для
Ньюто
дающе
Вольте
телем,
ризатор
тенелл
картези

*)
**) В связи
последств

в применении к Земле. С именем Клеро связано и другое блестящее подтверждение этого закона, но уже применительно к солнечной системе. Как указывалось выше, Галлей в свое время пришел к выводу, что комета, позднее названная его именем, является членом солнечной системы, с периодом обращения вокруг Солнца в 75—76 лет. Так как последнее возвращение кометы к Солнцу наблюдалось в 1682 г., то следующее можно было ожидать в 1758 г. Клеро выполнил огромную работу по предвычислению срока появления кометы с учетом возмущений в ее движении, которые должны были произойти под влиянием притяжения крупнейших планет — Юпитера и Сатурна (при прохождении кометы на сравнительно близком расстоянии от них). Клеро вычислил, что вследствие возмущений комета должна несколько запоздать и приблизиться к Солнцу не в 1758 г., а в марте — апреле 1759 г. Так в действительности и произошло.



Алексис Клеро (1713—1765).

Для пропаганды и популяризации открытий и идей Ньютона большое значение имела и деятельность выдающегося французского философа и просветителя Вольтера (1694—1778). Вольтер не был естествоиспытателем, как не был им и блестящий писатель и популяризатор идеи множественности обитаемых миров Б. Фонтенелль (1657—1757)*). Однако спор ньютонианцев и картезианцев**) привлек его пристальное внимание.

*) О Фонтенелле см. в заключительной главе книги.

**) Cartesius (Картезий)—латинизированная фамилия Декарта. В связи с этим его учение стало называться картезианством, а его последователи — картезианцами.

Вольтер по своим философским взглядам был последователем Бэкона и Локка. Как непримиримый борец против церковной догматики (хотя и не поднявшийся до атеизма) и средневековой схоластики, Вольтер ставил в особую заслугу Ньютону его приверженность к точным методам исследования. Особенно ценным он считал то, что в физике и механике Ньютона проводится принцип детерминизма — причинно-закономерной необходимости процессов и явлений природы. Ньютон отказался от взглядов, свойственных средневековым и позднейшим метафизикам, которые, отрицая причинное начало в мире, провозглашали принцип телеологии — целесообразности в природе, предустановленной гармонии, вложенной в нее потусторонними силами, что, по существу, являлось отказом от научного познания природы. Правда, детерминизм Ньютона, Вольтера и других передовых мыслителей той эпохи был механистическим, основанным на противопоставлении необходимого и случайного и в конечном счете приводил к фатализму. Но само утверждение причинного начала в природе было прогрессивной стороной в мировоззрении самого великого ученого Ньютона и его блестящего популяризатора Вольтера.

Таким образом, к концу первой половины XVIII в. успехи науки подтвердили достоверность физической теории Ньютона и ошибочность взглядов Декарта и его последователей. Достоверность теории при этом нужно понимать, разумеется, только в относительном смысле: принципы классической механики и закон всемирного тяготения в формулировке Ньютона полностью согласовывались с наблюдаемыми явлениями и данными экспериментов в течение двух столетий. Однако постепенно круг изучаемых явлений расширялся, причем были обнаружены факты, необъяснимые в рамках существующей теории (например, в области электромагнетизма).

Только в XX в. был осуществлен новый коренной перелом в общефизических и космологических воззрениях, подготовленный достижениями математики, физики и астрономии за предшествующую эпоху.

2. Первые достижения звездной астрономии

Выше было уже отмечено, что в XVII в., наряду с изучением устройства солнечной системы (в чем достигнуты были крупнейшие успехи), проводились наблюдения положений звезд, составлялись и издавались звездные каталоги. Вторая половина века отмечена учреждением в некоторых странах государственных обсерваторий, для которых такие работы, систематически и планомерно проводимые, стали основной задачей. Наибольшее значение из этих обсерваторий приобрела Гринвичская обсерватория в Англии. Уже первый директор («королевский астроном») и наблюдатель этой обсерватории Дж. Флемстид (1646—1720) выполнил огромную работу по составлению обширного звездного каталога, включавшего сведения примерно о 3000 звезд и опубликованного в труде Флемстида «*Historia Coelestis Britannica*» («Британская история неба»). Точность наблюдений Флемстида была значительно выше той, которая была достигнута его предшественниками. По позднейшей оценке ошибки его определений звездных положений не превышали $10''$, тогда как даже у Тихо Браге ошибки составляли $1'—2'$. Каталог Флемстида имел большое значение для практической, особенно мореходной астрономии. Но этим не ограничивается его ценность: он был использован для многих теоретических исследований. В частности, с его помощью Галлей в 1718 г. открыл собственные движения звезд, что имело важное значение для всего дальнейшего развития астрономии.

Галлей сравнил положения звезд в каталогах Флемстида, Тихо Браге и Гиппарха. После опубликования звездного каталога Тихо Браге прошло значительно больше века. В свою очередь каталог Тихо Браге был отделен от каталога Гиппарха — наиболее известного каталога древности — промежутком времени, превышающим семнадцать веков. Конечно, точность наблюдений Гиппарха была значительно ниже точности наблюдений Тихо Браге, которые в еще большей степени уступали в этом отношении наблюдениям Флемстида. Однако сравнение наблюдений, произведенных с общим интервалом времени почти в 19 веков, позволило обнаружить,

что известные с глубокой древности звезды Сириус, Арктур и Альдебаран за этот промежуток времени заметно сместились относительно других звезд, их расстояния от эклиптики изменились. Наиболее значительным оказалось смещение Сириуса, самой яркой звезды на небе *).

Галлей отверг допущение, что изменения видимого положения указанных звезд объясняются ошибками прежних наблюдений; нельзя было объяснить эти перемещения также и изменением положения эклиптики. Галлей пришел к единственному правильному выводу, что эти звезды имеют реальное («собственное») движение в пространстве. Более того, он высказал также мнение, что подмеченное им собственное движение трех звезд не является исключением из общего правила и что, по мере увеличения точности наблюдений, собственные движения должны быть обнаружены и у других звезд.

Галлей оказался прав. В первые десятилетия после его открытия другие исследователи, и уже не только в Англии, обнаружили собственные движения у многих звезд. К 1760 г. немецкий астроном Т. Майер (1723—1762) определил собственные движения 57 звезд, к концу же XVIII в. количество звезд, у которых было измерено собственное движение, значительно увеличилось.

В 1742 г. выдающийся английский астроном Дж. Брайлей (1693—1762) высказал предположение, что собственные движения звезд объясняются тем, что наблюдения ведутся с Земли, движущейся в простран-

*) Видимый блеск звезды зависит не только от ее светимости, т. е. количества энергии, излучаемого этой звездой, но также и от расстояния до нее. Звезды, по светимости мало отличающиеся от Солнца и расположенные на сравнительно небольших расстояниях от него (а следовательно, и от Земли), видны на небе как яркие звезды; именно такими являются самые яркие звезды неба — Сириус и Вега, светимость которых относительно не намного превосходит светимость Солнца (соответственно в 17 и 44 раза). В то же время звезда δ Золотой Рыбы, по светимости превышающая Солнце примерно в миллион раз, вообще невидима для невооруженного глаза, так как находится на огромном расстоянии от солнечной системы.

стве вместе с Солнцем. Таким образом Брайлей как будто отрицал реальность собственных движений звезд, подмеченных Галлеем на четверть века раньше. Но в то же время он высказал предположение о движении солнечной системы в пространстве, которое было подтверждено на полвека позднее. К концу первой половины XVIII в. существование собственных движений звезд уже не вызывало сомнений. Другое важное открытие было сделано Брайлеем в 1728 г. Поскольку точность наблюдений к тому времени была уже сравнительно высокой, Брайлей предпринял попытку обнаружить параллактические смещения звезд. Уже вскоре после начала наблюдений Брайлей обнаружил изменение положения наблюдаемой им звезды, однако оно не соответствовало закону параллактических смещений. После дополнительных наблюдений и тщательных исследований их результатов Брайлей смог дать правильное объяснение открытому им явлению.

Причина его заключается в следующем. Свет распространяется с конечной скоростью (скорость света, как указывалось, была уже определена О. Рёмером), и необходимо некоторое время для того, чтобы он дошел от объектива телескопа до окуляра. Если телескоп направлен точно на звезду и неподвижен, изображение звезды находится точно в центре окуляра. Однако телескоп движется вместе с Землей вокруг Солнца, вследствие чего за время, пока свет идет от объектива до окуляра, последний несколько переместится, и изображение выйдет из центра. Чтобы вернуть его туда, телескоп нужно наклонить на небольшой угол в сторону движения Земли. Таким образом, все звезды на небе видны смещенными на некоторый угол к точке неба, по направлению к которой движется в данный момент Земля (такая точка называется апексом).

Апекс годичного движения Земли непрерывно перемещается по небу, совершая полный оборот за год, а вместе с ним описывают небольшие эллипсы и звезды. Это явление получило название годичной аберрации. Большая полуось этих эллипсов, одинаковая для всех звезд (малая полуось может быть различной) и выраженная в угловых единицах, называется постоянной аберрации.

Ее приближенная величина была определена самим Бадлеем. Впоследствии значение постоянной аберрации многократно уточнялось и в настоящее время принято равным $20'',47$. В ходе своих исследований, целью которых было обнаружение параллаксов звезд, Бадлей открыл не только аберрацию, но и нутацию — колебательное движение земной оси, связанное главным образом, с изменением положения плоскости орбиты Луны.

Основное, непреходящее значение открытия аберрации заключалось в том, что это было первое прямое доказательство движения Земли. Вместе с тем это открытие давало возможность определить скорость света с большей точностью, чем это сделал в свое время О. Рёмер по наблюдениям спутников Юпитера. Знание постоянных аберрации и нутации, так же как и постоянной прецессии, открытой еще Гиппархом, способствовало повышению точности наблюдений.

Бадлею не удалось обнаружить параллаксы звезд (как не были они обнаружены и еще в течение трех четвертей века после смерти Бадлея), но его наблюдения привели к заключению, что значение параллакса даже ближайших звезд, по-видимому, не превышает $0'',5-0'',4$.

Таким образом, по оценке Бадлея, расстояние до ближайших звезд не менее $400\,000-500\,000$ астрономических единиц (параллаксу, равному $1'',0$, соответствует расстояние в $206\,265$ астрономических единиц, или в $3,26$ световых года).

Конечно, выяснение расстояния до близких звезд ни в какой мере не определяло размеров всей видимой звездной вселенной. О распределении звезд в пространстве ничего не было известно, хотя умозрительно и представлялось вполне закономерным, что если даже ближайшие звезды находятся на огромных расстояниях от Солнца, расстояния до более далеких звезд должны быть грандиозны. Явление Млечного Пути могло быть в равной мере объяснено как реальной скученностью звезд, так и огромной удаленностью этого гигантского звездного скопления. Но и в том, и в другом случае представлялось несомненным, что расстояния между

звездами значительно больше, чем уже известные размеры солнечной системы.

Совершенствование средств наблюдений приводило к увеличению количества доступных для наблюдений звезд. Кроме того, с помощью телескопа было обнаружено большое число небесных объектов, имеющих вид туманных пятен — так называемых туманностей. Впрочем, два таких объекта, видимых на небе невооруженным глазом, — туманности в созвездиях Ориона и Андромеды — были известны и раньше. В XVIII в. особенно много туманностей было открыто французскими астрономами Н. Лакайлем (1713—1762) и Ш. Мессье (1730—1817).

Лакайль, впервые после Галлея, осуществил наблюдения звездного неба Южного полушария. Несколько лет (1750—1754) он провел в Южной Африке. В результате обширных наблюдений Лакайль составил каталог 2000 звезд и обзор созвездий южного неба, а также описал несколько десятков наблюдавшихся им туманностей. Мессье ставил перед собой другую задачу: он искал и каталогизировал кометы. Ошибочно принимая за кометы наблюдаемые им туманности, Мессье создал первый каталог туманностей, сохранивший свое значение для многих поколений исследователей звездного мира.

3. Первые гипотезы о строении звездной вселенной

Таким образом, к середине XVIII в. сложилось представление о колоссальных расстояниях от Солнца до звезд и между звездами (хотя эти расстояния и могут быть весьма разнообразными). Среди доступных для наблюдений небесных объектов оказались не только звезды, но и большое число туманностей. Укрепились умозрительная, еще не подтвержденная какими-либо эмпирическими данными, идея о тождественной природе Солнца и звезд. Наконец, на основе материалистических предпосылок развития естествознания в XVII и XVIII вв. утвердилось мнение о пространственной бесконечности вселенной.

Таковы были те основы, на которых возникли новые космологические представления, оформившиеся в конце первой и в начале второй половины XVIII в.

Первая космологическая гипотеза, созданная в XVIII в., была связана с именем выдающегося шведского ученого Э. Сведенборга (1688—1772). Сведенборг был естествоиспытателем-энциклопедистом, интересовавшимся всеми областями естествознания. С особенным увлечением он занимался минералогией и кристаллографией, и его труды имели большое значение для дальнейшего развития этих наук. В капитальном труде «Opera philosophica et mineralogica» («Опыт философии и минералогии») Сведенборг остановился на общих проблемах естествознания и впервые высказал мнение, что видимый мир звезд, большинство которых образует всем известную картину Млечного Пути, представляет собой целостную динамическую систему. Такая система, может быть, не единственная во вселенной, пространственная бесконечность которой вообще не подлежит сомнению.

Высказанная в самых общих чертах и не подкреплённая какими-либо конкретными доводами эта мысль Сведенборга не могла в то время получить сколько-нибудь широкого распространения. Не способствовала этому и личная судьба самого Сведенборга. В 1745 г. он проникся мистикой и стал основателем мистического учения, находившего многих последователей как при жизни Сведенборга, так и после его смерти. В позднейшей литературе имя Сведенборга обычно приводилось в связи с его мистическим учением, которое он развивал и пропагандировал уже в последний период своей жизни. Но нельзя забывать, что впервые в истории человечества мнение о существовании во вселенной множества звездных систем высказал именно Сведенборг, задолго до того, как он из прогрессивного ученого-естествоиспытателя превратился в мистика.

В 1750 г. английский ученый-самоучка Т. Райт (1711—1786) опубликовал труд «The theory of the universe» («Теория Вселенной»), в котором выдвинул мысль, что Млечный Путь с окружающими его звездами имеет форму плоского диска, диаметр которого во много раз

превышает его толщину. Согласно его представлениям, Млечный Путь — это один из звездных «островов» в бесконечной вселенной, одна из бесчисленных «островных вселенных».

В 1755 г. вышла в свет книга «Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels» («Всеобщая естест-



Иммануил Кант (1724—1804).

венная история и теория неба») кенигсбергского ученого и философа И. Канта (1724—1804). Автор этого труда писал в предисловии, что он ставит своей целью «открыть устройство, которое соединяет великие элементы творения во всем своем протяжении вплоть до бесконечности, и вывести из первоначального состояния природы, с помощью механических законов, образование небесных тел и происхождение их движений». Таким образом, Кант по существу пытался разрешить две задачи.

Первая из них сводилась к раскрытию строения звездной вселенной, вторая — к объяснению происхождения небесных тел и их систем.

В решении первой задачи Кант развивал идею, высказанную до него Сведенборгом и Райтом. Однако он продвинулся значительно дальше, чем его предшественники.

Кант исходил из мысли, что вселенная является бесконечной совокупностью конечных космических систем. И ничтожные земные предметы, и космические образования, подобные Млечному Пути, при всем различии их размеров, одинаково далеки от бесконечности. Количество миров во вселенной бесконечно. Бесконечно и число космических систем, объединяющих эти миры.

Кант не считал закон тяготения достоянием одной только солнечной системы. Он утверждал, что тяготение действует во всей бесконечной вселенной, распространяется на все пространство, заполненное мирами. Подобно тому как тела солнечной системы под влиянием тяготения образуют одно целое, а не являются случайным собранием тел, так и звезды-солнца под влиянием той же силы образуют систему Млечного Пути, обнаруживающую в своем строении аналогию с солнечной системой. Как в солнечной системе орбиты всех планет наклонены под небольшими углами к некоторой основной плоскости, так и в звездной системе имеется такая главная плоскость, вблизи которой расположена основная масса звезд. При этом образуется огромное звездное сгущение Млечного Пути, в котором расстояния между отдельными звездами меньше, чем в областях, более удаленных от главной плоскости. Кант особо останавливается на вопросе о центре притяжения звездной системы. И этот вопрос он решает также по аналогии с солнечной системой, считая, что движение звезд регулируется притяжением центрального тела огромной массы. Солнце находится не в центре системы Млечного Пути, а на большом расстоянии от него. Поэтому центральное тело (центральное Солнце) по своему блеску может особенно и не выделяться среди других звезд. Кант допускал, что таким центральным Солнцем яв-

ляется Сириус — самая яркая звезда на небе *). Удаленное положение Сириуса по отношению к главной плоскости Млечного Пути Кант считал кажущимся и объяснял это тем, что сама солнечная система находится вне этой плоскости.

4. Начало научной космогонии

В решении второй задачи — о происхождении небесных тел и их систем — Кант не имел прямых предшественников.

Постановка Кантом этой задачи и попытка ее решения была, по определению Ф. Энгельса, первой брешью в окаменелом мировоззрении, рассматривавшем природу вне ее развития, как нечто раз навсегда данное. Как указал Энгельс, прогресс науки к началу второй половины XVIII в. уже в значительной мере расшатал эти устарелые воззрения.

Идея эволюции природы была впервые выдвинута в 1741 г. великим русским ученым М. В. Ломоносовым (1711—1765) в его физико-химических работах. Позднее, в 1757 г., в сочинении «О слоях земных» Ломоносов развил эту идею применительно к геологической истории Земли. Таким образом, Ломоносов и Кант были основоположниками идеи эволюции природы во времени. Правда, более чем за сто лет до этого Декарт развивал мысль о происхождении существующих небесных тел из первоначального хаоса, но процесс их возникновения он рассматривал в свете своей теории вихрей, которая, естественно, отпала после того, как общее признание получил закон всемирного тяготения. Для Канта сила тяготения, наряду с объективным существованием материи, была той основой, на которой он строил свои космологические представления. При этом, в отличие от Ньютона, Кант считал, что тяготение не является свойством, вложенным

*) В действительности блеск Сириуса, как упоминалось выше, объясняется прежде всего тем, что он расположен относительно близко к солнечной системе: всего на расстоянии 8,7 светового года (употребляемая в астрономии единица длины — световой год — равна расстоянию, проходимому светом в течение года, приблизительно $9,5 \cdot 10^{12}$ км или 0,307 парсека). Действительная светимость Сириуса только в 17 раз больше светимости Солнца.

в материю. Согласно его взглядам, материя по самой своей сути обладает силой притяжения, и этого достаточно, чтобы были определены пути развития материи, которые привели к современному устройству вселенной. Конкретно Кант рассматривал процесс происхождения солнечной системы, который не должен отличаться от процесса происхождения любой другой равноправной космической системы, т. е. любой другой звезды с ее планетами.

Согласно космогонической гипотезе Канта, пространство, по объему значительно большее, чем пространство, занимаемое в настоящее время солнечной системой, было заполнено частицами вещества различной величины и плотности. Действие силы тяготения неизбежно приводило к тому, что тяжелые частицы притягивали к себе частицы более легкие и сами притягивались частицами еще более тяжелыми. Таким образом, постепенно образовалась центральная масса, вокруг которой происходило движение всех остальных частиц. Первоначально это движение было хаотическим, частицы двигались по самым разнообразным орбитам, в разных направлениях. В результате взаимодействия между частицами и столкновений частиц постепенно начало выявляться преимущественное направление движения, и в конце концов частицы стали обращаться вокруг центральной массы по круговым орбитам, примерно в одном направлении, и уже не мешали друг другу. В этом проявилась механистическая направленность мысли Канта, его стремление вывести процесс образования небесных тел, исходя исключительно из закона тяготения. Начало возникновения планет связано с объединением частиц вследствие существующего между ними притяжения.

Гипотеза Канта не была подкреплена какими-либо математическими доказательствами. Однако она удовлетворительно объясняла ряд наблюдаемых в настоящее время закономерностей в строении солнечной системы и в движении планет. В частности, объяснялись круговые формы планетных орбит: круговое движение уже имели частицы, из которых путем объединения образовались планеты. В гипотезе Канта не оставалось места для «первого толчка». При этом Кант подчеркивал, что процесс

образования небесных тел и создания современной картины мира из первоначальной рассеянной (диффузной) материи протекал миллионы лет, а может быть, и миллионы столетий. Кант считал, что вселенная, бесконечная в пространстве, по-видимому, бесконечна и во времени. Впрочем, он рассматривал бесконечность во времени односторонне, только по отношению к будущему, но не к прошлому.

Значение «Всеобщей естественной истории и теории неба» в ходе развития космологических и космогонических представлений вряд ли можно переоценить, ее появление правильно рассматривается как начало научной космогонии — раздела астрономии, изучающего происхождение и развитие небесных тел и их систем. Но в свое время большого влияния на мировоззрение современников она оказать не могла. Написанная молодым философом, книга долго оставалась незамеченной естествоиспытателями. Позднее Кант как философ стал известен всему миру, но о его космогонической гипотезе вспомнили лишь в середине XIX в., через полстолетия после того, как в 1796 г. французский математик П. Лаплас (1749—1827) выдвинул свою гипотезу происхождения солнечной системы. Эта гипотеза во многом сходна с гипотезой Канта, с которой Лаплас, однако, знаком не был. С этого времени стали известны и космологические воззрения Канта. В позднейшей литературе направление в космологии, отстаивавшее существование бесчисленного множества звездных систем, нередко называлось «кантовским».

Характерно, что когда в 1794 г. Кант был избран почетным членом Петербургской Академии наук как философ, уже имевший широкую известность, то, хотя в представлении об избрании отмечалось, что он является и естествоиспытателем, автором труда по физической географии, — его космогоническая гипотеза даже не упоминалась.

В своей философской системе, разработанной им главным образом в 70—80-х гг. XVIII в., Кант далеко отошел от той глубоко материалистической основы, на которой строились его космологические и космогонические идеи, изложенные во «Всеобщей естественной

истории и теории неба». Правда, Кант признавал объективное и независимое от сознания существование внешнего мира, но вместе с тем отвергал его познаваемость. Согласно теории познания Канта, разум диктует законы природе и в свете этих продиктованных законов постигает, познает образы вещей внешнего мира («вещи — явления»), тогда как сущность самих вещей («вещи в себе») непознаваема. Характерно, что Кант, утверждавший в своей материалистической космологии и космогонии бесконечность вселенной в пространстве и во времени, в своем идеалистическом философском учении отвергал реальное существование пространства и времени, признавая их только субъективными формами восприятия.

В интересах хронологической последовательности изложения необходимо отметить, что уже в 1748 г. французский естествоиспытатель Ж. Бюффон (1707—1788), автор знаменитого в свое время многотомного труда «*Histoire naturelle générale et particulière*» («Естественная история»), выдвинул свою космогоническую гипотезу, согласно которой Земля и планеты образовались из осколков Солнца, оторвавшихся от него в результате катастрофического столкновения Солнца с кометой. В то время, да и позднее, кометы рассматривались как массивные твердые тела, прилетающие в солнечную систему из межзвездного пространства. Поэтому столкновение кометы с Солнцем казалось вполне правдоподобным. Галлей, правда, уже обнаружил периодичность возвращения одной кометы (кометы Галлея) к Солнцу, но из этого нельзя было еще делать вывода о периодичности (а следовательно, и принадлежности к солнечной системе) всех комет. Однако при появлении кометы Галлея в 1759 г. впервые возникло сомнение в том, что кометы являются массивными телами. То обстоятельство, что движение кометы при своем приближении к Солнцу испытало заметное изменение под действием силы притяжения Сатурна и Юпитера, в то время как у самих планет никаких изменений движения обнаружено не было, свидетельствовало о незначительности массы кометы Галлея и, по-видимому, комет вообще. Но в свое время гипотеза Бюффона вовсе не представлялась фантастической.

Бюффон пытался определить время, необходимое для формирования Земли и всего на ней существующего



Происхождение планет по Бюффону.

в современном виде. Его предположения в этом направлении звучали гораздо более скромно, чем утверждения Канта о многих миллионах лет, необходимых для

образования солнечной системы. У Бюффона возраст Земли определялся всего лишь десятками тысяч лет. Но и это значительно превышало рамки библейской хронологии. В отличие от гипотезы Канта, гипотеза Бюффона на время приобрела широкую известность. Ее автор подвергался преследованиям со стороны католической церкви, поставившей ему в вину не только отрицание библейского мифа о сотворении Земли, но и отказ от библейской хронологии, согласно которой мир был сотворен за 5508 лет до н. э.

5. Система мира Ламберта

Как уже указывалось, в основе космологических представлений Канта было признание существования бесчисленного множества звездных систем, которые могут объединяться в системы более высокого порядка. В то же время каждая звезда со своими планетами и их спутниками образует систему подчиненного порядка. Вселенная, следовательно, не только пространственно бесконечна, но и структурно многообразна, поскольку в состав ее входят космические системы разных порядков и размеров. Выдвигая это положение, Кант приближался к идее о структурной бесконечности вселенной, которая получила более полное развитие в космологическом учении современника Канта, немецкого ученого (француза по происхождению) И. Г. Ламберта (1728—1777).

Научно-философская деятельность Ламберта была, как и его жизнь, непродолжительной, но чрезвычайно разносторонней. Ламберт был выдающимся математиком-геометром и физиком. В 1760 г. он опубликовал труд «*De lumine fixarum earumque distantia*» («О блеске неподвижных звезд и их расстояниях»). В этом труде Ламберт сделал попытку определить расстояние до звезд первой величины (которые он условно рассматривал как ближайшие) путем сравнения их блеска с блеском Сатурна, отражающего свет Солнца. Ламберт, в согласии с Брадлеем, пришел к выводу, что это расстояние составляет не менее 425 000 астрономических единиц. В этом же труде Ламберт впервые высказывает

мысль о том, что Млечный Путь — не звездная система, а более сложное образование, слагающееся из ряда звездных систем, к одной из которых принадлежит Солнце.

Большое значение имели оптические исследования Ламберта, в частности его работы по определению отражательной способности (альбедо) и закономерностей изменения блеска различных тел. Впоследствии эти работы сыграли известную роль в развитии фотометрии планет.

Научно-философское мировоззрение Ламберта было сложно и противоречиво. Оно развивалось, с одной стороны, под влиянием передового естествознания XVIII в., утверждавшего материальность природы и причинную обусловленность всех явлений в ней, а с другой стороны, — под влиянием таких столпов телеологической метафизики, как французский философ Н. Мальбранш (1638—1715) и немецкий философ Х. Вольф (1679—1754).

В 1761 г. в Аугсбурге вышла в свет книга Ламберта «Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues» («Космологические письма об устройстве Вселенной»). В ней и были изложены его космологические воззрения.

Основная идея Ламберта заключается в том, что вселенная представляет собой бесконечную «иерархическую лестницу», или, иначе говоря, бесконечную геометрическую прогрессию космических систем. Солнце с окружающими его планетами и кометами (Ламберт,



Иоганн Генрих Ламберт
(1728—1777).

как и Кеплер, считал, что число комет значительно превышает число планет) рассматривается как система первого порядка. Обширное скопление звезд, одним из рядовых членов которого является Солнце, составляет систему второго порядка. Ее устройство аналогично строению системы первого порядка: движение составляющих эту систему звезд совершается вокруг исполняющего центрального Солнца, находящегося в центре системы. Млечный Путь, представляющий собой совокупность таких обширных скоплений звезд, образует систему третьего порядка, обращающуюся вокруг сверхколоссального центрального тела. Но и систем, подобных Млечному Пути, во вселенной бесчисленное множество. Такими системами, удаленными на гигантские расстояния, Ламберт считал туманности, видимые в различных областях неба. Совокупность множества млечных путей составляет систему четвертого порядка, тоже управляемую центральным телом, размеры и массу которого трудно даже представить себе. Далее можно говорить о системах пятого, шестого и последующих порядков.

Ламберт, однако, не ограничился общей схемой иерархического устройства вселенной, а сделал смелую попытку количественно определить размеры систем, по крайней мере второго и третьего порядков. Диаметр системы второго порядка, к которой принадлежит Солнце, он считал в 150 раз большим, чем расстояние от Солнца до звезд первой величины (это расстояние, в соответствии со своими фотометрическими определениями и в согласии с выводами Баддлея, он оценивает в 500 000 астрономических единиц). При этом как типичная звезда первой величины принимается Сириус. Если считать, что средние расстояния между соседними звездами в общем не отличаются от взаимного расстояния Солнца и Сириуса, то общее число звезд в сферическом пространстве, диаметр которого составляет 150 таких расстояний, близко к двум миллионам. Поскольку, согласно представлениям Ламберта, взаимные расстояния между системами второго порядка в несколько раз превышают их диаметры, то для протяженности Млечного Пути, т. е. системы третьего порядка,

получается колоссальная величина, которую Ламберт определил минимально в 150 000 расстояний от Солнца до Сириуса, т. е. 75 миллиардов астрономических единиц (почти 1 200 000 световых лет *)). Ламберт считал, что Млечный Путь кажется сплошным скоплением звезд потому, что системы второго порядка расположены на различных расстояниях от Солнца и в перспективе создают видимость сплошного сияния.

Легко заметить, что космологические воззрения Ламберта (в позднейшей литературе получившие наименование системы мира Ламберта) в полной мере отражали механистическую направленность научной мысли того века: вопрос об устройстве последующих звеньев космической иерархии решается путем простой аналогии с солнечной системой. Ламберт не предполагал, что в системе, объединяющей огромное количество звезд, их движение должно подчиняться более сложным закономерностям, чем движение планет в солнечной системе. Вместе с тем в системе Ламберта нашла яркое отражение та, по определению Энгельса, «мысль о целесообразности установленных в природе порядков, плоская вольфовская телеология, согласно которой кошки были созданы для того, чтобы пожирать мышей, мыши, чтобы быть пожираемыми кошками, а вся природа, чтобы доказывать мудрость творца **). Ламберт жил в то время, когда идея множественности обитаемых миров пропагандировалась многими учеными и имела широкое распространение, но вместе с тем отражала именно вольфовскую телеологию, для которой обитаемость планет, обращающихся вокруг бесчисленных звезд, была оправданием существования тех и других. Считалось очевидным, что планеты призваны быть обиталищами жизни, звезды — давать свет и тепло для ее поддержания. Центральные же солнца системы второго, а тем более системы третьего порядка, согласно взглядам Ламберта, могут и даже должны быть темными, поскольку этим телам нет необходимости что-либо

*) По современным определениям диаметр Галактики составляет 25 000 парсеков, т. е. 80 000 световых лет.

**) Ф. Энгельс, Диалектика природы, Госполитиздат, 1950, стр. 7.

освещать. Этим телеологическим допущением объяснялось и то обстоятельство, что центральные солнца, несмотря на свои колоссальные размеры, не выделяются на звездном небе.

Но не механистические аналогии, упрощающие действительную картину устройства вселенной, и не телеологические наслоения, отражавшие метафизическую сторону мировоззрения автора, являются основным началом в системе мира Ламберта. Наиболее ценно в системе мира Ламберта то, что в ней уже заложена и для своего времени глубоко развита идея структурной бесконечности вселенной, подтвержденная в ходе дальнейшего развития науки.

Утверждая бесконечную геометрическую прогрессию космических систем, Ламберт последовательно рассматривает их вплоть до системы четвертого порядка. Такой системой он считал скопление большого количества млечных путей, каждый из которых является системой третьего порядка. Современная наука установила существование скоплений, или облаков галактик, каждое из которых, по-видимому, можно рассматривать как единое динамическое целое; в системе мира Ламберта такие скопления можно считать системами четвертого порядка. Установлено и существование более крупных объединений или «сверхскоплений» галактик. Это уже системы пятого порядка. В настоящее время полагают, что все доступные наблюдению галактики и скопления галактик входят в состав еще более грандиозного космического образования — Метагалактики, границы которой пока еще остаются недоступными даже для самых мощных телескопов. Применительно к схеме Ламберта, Метагалактика может рассматриваться как система шестого порядка. Строение систем второго и более высокого порядка оказалось неизмеримо более сложным и многообразным, чем это могло представляться во времена Ламберта. Но интересно отметить, что современная наука установила также и существование «местной» звездной системы — того обширного скопления звезд внутри Галактики, в которую входит и Солнце. Конечно, ее нельзя полностью отождествлять с системой второго порядка по Ламберту, но важно то,

что и Ламберт считал Млечный Путь состоящим из отдельных скоплений, или облаков звезд. Размеры системы Млечного Пути у Ламберта оказались сильно преувеличенными по сравнению с современными оценками и несравненно большими, чем предполагалось в XIX в.

В отличие от космологических и космогонических воззрений Канта, система мира Ламберта приобрела широкую известность у современников. Этому в значительной степени способствовало то обстоятельство, что работавший в Берлине философ (швейцарец по происхождению) Ж. Б. Мериан (1723—1807) опубликовал в 1770 г. в Париже на французском языке «литературный перевод», т. е. популярное изложение «Космологических писем» под названием «Система мира». Эта книга имела большой успех у французских читателей и была переведена на другие языки, в частности на русский. В русском переводе она вышла в 1797 г. под заглавием «Система мира славного Ламберта». Распространение космологических идей Ламберта многим обязано также трудам известного немецкого астронома и популяризатора науки И. Э. Боде (1747—1826).

Однако в XIX в. «Космологические письма», как и другие книги, в которых излагалась система мира Ламберта, были в значительной степени забыты. Их знали лишь немногие астрономы, занимавшиеся проблемой строения Млечного Пути. Только в нашу эпоху может быть правильно оценена выдающаяся роль труда Ламберта в научно-философской подготовке современных взглядов на устройство вселенной.

6. Развитие астрономии в России в XVIII в.

Особое место нужно уделить развитию космологических представлений в России, где в XVIII в. математическое естествознание, в частности астрономия, получило быстрое развитие.

В свое время, еще в IX—XII вв., первое русское государство — Киевская Русь — создало самобытную культуру, более высокую, чем культура Западной Европы конца раннего и начала позднего средневековья. Принятие христианства в конце X в. способствовало не

только распространению письменности, но и проникновению на Русь византийской космологической литературы, в том числе и тех сочинений, которые заключали в себе сохранившиеся элементы античной науки. Вместе с тем на Руси получили большое развитие наблюдения небесных явлений, о которых, как уже отмечалось, сохранились многочисленные свидетельства в летописях, а также и в других памятниках древнерусской литературы. На протяжении долгих веков на Руси проводились исчисления пасхалий и других элементов православного календаря, требовавшие значительных астрономических навыков. Такими навыками действительно обладали некоторые церковные и даже светские деятели Киевской и Новгородской Руси. В этом отношении особенно должна быть отмечена деятельность новгородского дьякона Кирика (вторая четверть XII в.), незаурядного математика своего времени.

Феодалная раздробленность русского государства (с XII в.), а затем — татаро-монгольское нашествие (с первой половины XIII в.) на длительное время задержали культурное развитие русского народа. Только на Севере Новгородское княжество сохранило свою независимость. В Новгороде, который стал крупным торговым городом и поддерживал оживленные связи со многими государствами Европы, получила распространение научная литература позднего западноевропейского средневековья. В XV в. в Новгороде возникла так называемая «ересь жидовствующих». Религиозно-догматическая сторона этой ереси, преследовавшейся, а позже (в самом начале XVI в.) подавленной официальной церковью, не вполне ясна. Однако достоверно известно, что приверженцы этой ереси настойчиво интересовались астрономией и распространяли астрономические и космологические сочинения, носившие более научный характер, чем сочинения, с давних пор обращавшиеся на Руси. Эти сочинения подвели под астрономию математический фундамент, который отсутствовал в более ранних астрономических трудах, распространявшихся в восточной Европе. Характерно, что эта «астрономическая ересь» приобрела многих сторонников не только в Новгороде, но и в самой Москве — по-

вом центре Русского государства. Среди руководящих деятелей церкви, подавлявшей «ересь жидовствующих», также были незаурядные знатоки астрономии (например, новгородский архиепископ Геннадий), для которых, однако, была неприемлема религиозная догматика еретиков.

Начавшееся в XIV в. объединение раздробленных русских земель и образование единого национального государства создали новую основу для развития русской национальной культуры. Покорение Сибири, а потом и отдаленнейших северо-восточных окраин Азиатского материка в конце XVI в. и в XVII в. потребовало организации астрономо-географического изучения новых земель. Эта задача была в основном решена усилиями выдающихся путешественников-землепроходцев, в числе которых были Челюскин, Дежнев, Атласов, Москвитин и многие другие, обладавшие достаточными для этой цели астрономическими знаниями.

В XVII в. проводились уже в больших масштабах работы по картографированию страны, начавшиеся еще в предшествующем веке, определялись координаты географических пунктов, что требовало знания методов практической астрономии и применения существовавших тогда инструментальных средств для таких работ. Зрительные трубы появились в России вскоре после их изобретения и первого применения для наблюдений небесных объектов.

Однако в космологических воззрениях продолжала господствовать геоцентрическая система мира. Учение Коперника впервые проникло в Россию только во второй половине XVII в., но и в это время оно не получило еще сколько-нибудь широкого распространения.

Первой переведенной на русский язык книгой, в которой излагалась система мира Коперника, был «Атлас Новый» Блеу. Русский перевод, выполненный в 1655—1657 гг. ученым монахом Епифанием Славинецким, был озаглавлен «Позорище всея вселенной» («позорище» — в значении «обозрение»). Однако книга в русском переводе напечатана не была и осталась в рукописи. Не был напечатан и сделанный несколько позже перевод «Селенографии» Гевелия, о котором уже упоминалось выше.

Рост производительных сил русского государства все более настойчиво требовал политических и культурных реформ, в частности введения светского образования, развития науки и техники, распространения научных знаний о природе. В этом направлении значительные успехи были достигнуты благодаря преобразовательной деятельности Петра I в последние годы XVII в. и в первой четверти XVIII в.

Уже в 1701 г. в Москве была создана «Навигацкая школа» (впоследствии преобразованная в Морскую Академию) — первое в стране учебное заведение, в котором было организовано систематическое преподавание астрономии для будущих морских штурманов и геодезистов. При школе была основана астрономическая обсерватория. В 1703 г. выдающийся преподаватель этой школы Л. Ф. Магницкий (1669—1739) выпустил в свет капитальное учебное руководство «Арифметика, сиречь наука числительная», в котором, в частности, изложены и основы астрономии. Астрономо-геодезические и картографические работы в России при Петре I приобрели большой размах и целевую направленность на планомерное изучение необъятных просторов страны.

Хорошо понимая и правильно расценивая практическое значение астрономии, Петр I, лично интересовавшийся этой наукой, много сделал и для распространения в России гелиоцентрического мировоззрения. Он не считался при этом с сопротивлением реакционных кругов, в глазах которых учение Коперника было не только религиозной ересью (как и для католического Рима), но и одним из опасных новшеств эпохи преобразований, направленным на ослабление идейного влияния церкви, в первую очередь в вопросах просвещения. Против учения Коперника выступил даже такой крупный деятель эпохи, как выдающийся экономист И. Т. Посошков. Однако гелиоцентрическая система мира очень скоро нашла в России многих приверженцев, из которых наиболее выдающимися были Я. В. Брюс (1670—1735) и крупный писатель-публицист Феофан Прокопович (1682—1735). Их деятельность, как и деятельность самого Петра I, чрезвычайно способствовала появлению в русских переводах ряда книг по астрономии и геогра-

фин.
стема
В
Акаде
шая,
послед
мии
тичес
Так
еще
жена
Акаде
грав
учень
В
нован
пригл
С сам
мии б
был в
физик
лиль
связа
держи
мия м
ского
Акаде
В
ская
не на
она б
рой р
(1720
сель
В. К.
наук
геодез
*)
конца
стояще
М. В.
6*

фии, в которых учение Коперника излагалось как система, принятая наукой.

В 1724 г. Петром I была учреждена Петербургская Академия наук (ныне Академия наук СССР), начавшая, однако, свою деятельность только в 1725 г., уже после смерти Петра I. Основной задачей новой Академии была разработка на русской почве физико-математических, естественных и историко-филологических наук. Так как Академия была создана в стране, в которой еще не было высшей школы, то на нее же была возложена и подготовка отечественных научных кадров: при Академии были открыты гимназия и университет, сыгравшие свою роль в деле подготовки будущих русских ученых.

В качестве первых академиков (по уставному наименованию того времени — профессоров Академии) были приглашены ученые из ряда западноевропейских стран. С самого начала физико-математические науки в Академии были представлены крупными учеными. В числе их был выдающийся математик Д. Бернулли (1700—1782), физик Г. Бильфингер (1693—1750), астроном Ж. Н. Делиль (1688—1768). С именами Д. Бернулли и Делиля связаны публичные выступления (1726), в которых поддерживалась система Коперника. В дальнейшем Академия многое сделала для популяризации гелиоцентрического мировоззрения; этой цели служили и издаваемые Академией научно-популярные журналы.

В 1726 г. в Петербурге была основана астрономическая обсерватория Академии наук, размещенная в башне над ее зданием *). На протяжении более столетия она была основной российской обсерваторией, на которой работали многие русские астрономы — Н. И. Попов (1720—1782), С. Я. Румовский (1734—1812), А. И. Лексель (1740—1784), Ф. И. Шуберт (1758—1825), В. К. Вишневский (1781—1855). В XVIII в. Академия наук проводила обширную деятельность по астрономо-геодезическому обследованию России, включая и ее

*) Это здание, расположенное на Васильевском острове, до конца XVIII в. оставалось главным зданием Академии наук. В настоящее время в нем размещаются Институт этнографии и музей М. В. Ломоносова Академии наук СССР.

азиатские просторы. Практическое значение работ, выполненных под руководством Академии наук, было исключительно велико.

Но этим не ограничивалась сфера деятельности Академии. Русские ученые XVIII в. внесли свой обширный вклад также и в развитие представлений об устройстве вселенной и о ее изменениях во времени.

7. Эйлер

В 1727 г. в число членов Академии наук вступил молодой ученый, будущий великий математик — Л. Эйлер (1707—1783), — швейцарец по происхождению. В основном деятельность Эйлера протекала в Петербургской академии наук, членом которой он был до 1741 г., а потом (после пребывания в Берлине и работы в Прусской Академии наук) с 1766 г. и до конца жизни.

Основная заслуга Эйлера заключается прежде всего в том, что он не только разрабатывал и совершенствовал новые методы математического анализа, но и сам успешно применял их к решению наиболее актуальных задач общей и небесной механики, а также физики, в частности оптики. Точнее говоря, необходимость решения таких задач, диктовавшаяся жизненной практикой и потребностями развития науки, приводила Эйлера (как и Ньютона и других великих математиков) к новым достижениям в разработке математики.

Надо отметить, что наука (не только астрономия, но, в не меньшей степени, и физика, и биология) обязана Эйлеру созданием метода расчета ахроматических объективов для телескопов и микроскопов. Выдающееся место занимают его изыскания по небесной механике, относящиеся, главным образом, к теории движения Луны. Движение Луны не случайно привлекло особое внимание Эйлера и ряда других выдающихся математиков — его современников. Это было связано с развитием мореплавания в XVIII в., требовавшим разработки способа определения долготы на море, более точного, чем применявшийся ранее. Эта задача в известной мере решалась введением в практику метода «лунных расстояний». При определении долготы этим методом на



Леонард Эйлер (1707—1783).

длительный срок вперед для ряда последовательных моментов времени начального (нулевого) меридиана составляются таблицы положений Луны относительно специально выбранных звезд. Находясь в любом пункте Земли и наблюдая положение Луны, с помощью этих таблиц всегда можно узнать время на начальном меридиане. Определив из наблюдений местное время, долготу пункта находят как разность между местным временем и временем начального меридиана.

Метод лунных расстояний мог быть применен только при хорошо разработанной теории движения Луны, а создание такой теории было делом исключительно трудным из-за сложности движения спутника Земли, в котором давно уже был замечен ряд неправильностей (неравенств). Изучая движение любой планеты вокруг Солнца, можно с достаточной точностью рассматривать Солнце и планету как изолированную систему взаимно притягивающихся двух тел (притяжение других планет оказывает на движение изучаемой планеты незначительное действие). В случае же взаимного движения Луны и Земли нельзя пренебрегать притяжением Солнца, вызывающим в движении Луны значительные неправильности (отклонения от движения по законам Кеплера). Отсюда и необычайная трудность создания применимой на практике теории движения Луны.

В начале второй половины XVIII в. Эйлеру удалось разработать такую теорию, которая не только позволяла решать практическую задачу определения долготы на море из наблюдений положения Луны, но и представляла собой крупнейший шаг вперед в разработке методов исследования возмущенного движения. Лунная теория Эйлера была значительным приближением к решению задачи о движении трех тел, полное решение которой до сих пор не найдено. Дальнейшие успехи небесной механики, достигнутые в конце XVIII в. и в XIX в., в значительной степени обязаны трудам Эйлера.

В одно время с Эйлером проблемами движения Луны занимались А. Клеро и Ж. Д'Аламбер, внесшие крупнейший вклад в теорию движения небесных тел. Заслугой Клеро является также и решение другой важной задачи. Исследуя движение Земли по орбите, он выде-

... в нем
Луны и б...
лив велич...
вычислит...
тел. т. е. ...
Таким ...

тогда средне...
водимых им...
для того, ч...
числовых ве...
обходимо бы...
Земли. Это ...
не вложне уд...
физику Г. К...
опытов, в ко...
лась с силой...
ров, масса З...
зная с необ...
лось возмож...
ность, котора...

Возвраща...
его труды, им...
номии, — его...
земных полно...
Эйлер в сво...
но отстаивал...
так и прост...
исследовани...
риальных те...
вызываются...
ческой мысли...
следующее ...

В 1741 г. в...
воспитаник...
носов. В его...
выдающегося...
ние на разра...
разрабатыва...

лил в нем неправильности, вызываемые притяжением Луны и ближайшей к Земле планеты — Венеры. Определив величину возмущений в движении Земли, Клеро вычислил приближенные значения масс возмущающих тел, т. е. Луны и Венеры, в долях массы Земли.

Таким образом, было положено начало нового метода определения масс небесных тел по величине производимых ими возмущений в движениях других тел. Но для того, чтобы определять эти массы в абсолютных числовых величинах, а не в единицах массы Земли, необходимо было установить абсолютное значение массы Земли. Это удалось сделать только в 1798 г., после ряда не вполне удачных попыток других ученых, английскому физику Г. Кэвендишу (1731—1810). В результате его опытов, в которых сила притяжения Земли сравнивалась с силой притяжения тяжелых металлических шаров, масса Земли была определена равной $6 \cdot 10^{21}$ тонн; зная с необходимой точностью размеры Земли, оказалось возможным определить также и ее среднюю плотность, которая оказалась равной 5,5.

Возвращаясь к Эйлеру, нужно упомянуть и другие его труды, имевшие первостепенное значение для астрономии, — его исследования аберрации света, движения земных полюсов и др. Необходимо также отметить, что Эйлер в своих общефилософских воззрениях решительно отстаивал объективное существование как материи, так и пространства. Задачу естествознания он видел в исследовании изменений, которые происходят в материальных телах, и тех причин, которыми эти изменения вызываются. Материалистическая направленность творческой мысли Эйлера оказала большое влияние на последующее развитие математического естествознания.

8. М. В. Ломоносов

В 1741 г. в состав членов Академии наук был принят воспитанник академического университета М. В. Ломоносов. В его лице русская и мировая наука приобрела выдающегося ученого-энциклопедиста, оказавшего влияние на развитие многих отраслей знаний. Ломоносов разрабатывал вопросы астрономии и физики, химии

и минералогии, русской истории и славянской филологии; во всех этих областях науки он выступал как ученый-новатор, на многие десятилетия опередивший свою эпоху. Большое внимание он уделял проблеме русского литературного языка и сам был поэтом.

Ломоносов является основоположником русского материалистического естествознания. Величайшим его научным достижением было обоснование и формулирование закона сохранения материи как универсального закона природы. В мировоззрении Ломоносова была преодолена метафизическая ограниченность, свойственная естествознанию XVII и XVIII вв. Одним из первых в своих ранних физико-химических работах (1741) Ломоносов высказывал идею развития природы. Более обстоятельно он развил эту идею в сочинении «О слоях земных» (1757). Разбирая вопросы, связанные с рельефом земной поверхности и с геологическим строением Земли, Ломоносов утверждал, что современное состояние Земли является результатом постепенных изменений, причем вся история Земли охватывает огромные промежутки времени, совершенно несоизмеримые с библейской хронологией. Этот взгляд Ломоносова на историю Земли вытекал из его общей концепции эволюционных изменений во вселенной — извечно существующей и развивающейся во времени. Ломоносов считал, что если изменения происходят в глубинах вселенной, на небесных телах, несравненно больших, чем Земля, таких, как Солнце и звезды (во времена Ломоносова были уже известны несколько переменных звезд, т. е. звезд, блеск которых периодически меняется), то тем более не может оставаться в неизменном виде рядовая планета Земля.

Многосторонняя научная деятельность Ломоносова была ярким примером неразрывного единства теории и практики. В этом отношении Ломоносов является типичным представителем русского естествознания, передовые люди которого всегда стремились поставить свои научные достижения на службу интересам страны и народа. Ломоносов на протяжении долгих лет возглавлял географический департамент Академии наук и был организатором многочисленных и очень важных по своим



Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765).

результатам академических экспедиций, задачей которых являлось всестороннее исследование необъятных просторов России и ее природных богатств. В астрономических работах Ломоносова также с полной силой проявилось его стремление наивозможно теснее связать науку с запросами жизненной практики. Ломоносов был создателем ряда астрономических инструментов и приборов, в том числе новой конструкции рефлектора.

Ломоносов много сделал для организации наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 г. Как уже отмечалось, это прохождение наблюдали многочисленные экспедиции астрономов разных стран, в том числе и ряд русских экспедиций. Наблюдения преследовали одну общую цель — получить данные для уточнения значения параллакса Солнца. Но Ломоносов, наблюдавший прохождение в Петербурге, сделал, кроме того, замечательное открытие, относящееся к физической природе планеты Венеры. Наблюдая прохождение, он обнаружил, что при вступлении планеты на диск Солнца, а потом и при схождении ее с солнечного диска вокруг Венеры появилась яркая кольцеобразная полоса. Ломоносов правильно объяснил это явление, считая, что оно вызвано солнечным светом, преломленным в атмосфере Венеры. Таким образом, Ломоносов впервые обнаружил атмосферу на Венере. При этом он признал, что атмосфера Венеры не менее, а возможно и более плотная, чем земная.

Для оценки значения открытия Ломоносова необходимо напомнить, что это было первое в истории науки открытие, связанное с исследованием физической природы одного из небесных тел, причем сделано оно было задолго — за целое столетие — до того, как спектральный анализ и фотография пришли на помощь астрономии. Вместе с тем это открытие Ломоносова было и первым косвенным подтверждением идеи множественности обитаемых миров. Оказалось, что другие планеты могут быть сходны с Землей не только по своей форме и движению, но и по своей физической природе, а следовательно, не исключена и возможность их обитаемости.

Следует отметить, что явление, подмеченное Ломоносовым при прохождении Венеры, видели и другие

81
наблю
только
ностью
Не

Венере
рассма
физика
средств
телей.
зическо
новение

ческих
ские си
полярн
стоящая
Солнца
Не тол

исследо
тело, а
шая ег
ка. Эти
солнечн
ной по
лочки.

несколь
Солнца
ном», в
берего

Важ
деятел
церкви
были д
стране

щения
при бл
усилил
ской в
правле
впавши
сов, ка
затруд

наблюдатели, как в России, так и в других странах. Но только Ломоносов смог дать правильное и позднее полностью подтвердившееся объяснение этого явления.

Не только открытие существования атмосферы на Венере, но и ряд других работ Ломоносова позволяют рассматривать его как первого в истории науки астрофизика, изыскания которого, однако, не получили непосредственного продолжения в трудах других исследователей. Ломоносов интересовался также вопросом о физической природе комет и высказал мнение, что возникновение хвостов комет обусловлено действием электрических сил, присутствующих в кометах. Те же электрические силы, по мнению Ломоносова, вызывают и свечение полярных сияний. Большой интерес представляет блестящая догадка Ломоносова о физической природе Солнца, высказанная им (1743) в поэтической форме. Не только во времена Ломоносова, но и позднее многие исследователи полагали, что Солнце — твердое холодное тело, а источником его излучения является окружающая его на некотором расстоянии раскаленная оболочка. Этим допущением попутно разъяснялась и загадка солнечных пятен; они рассматривались как участки темной поверхности Солнца, видимые сквозь разрывы оболочки. Ломоносов умозрительно разгадал и образно, в нескольких строках, описал действительную природу Солнца. Он сравнивал Солнце с «горящим вечно Океаном», в котором «огненны валы стремятся и не находят берегов» и «камни, как вода, кипят».

Важнейшее значение имела научно-просветительная деятельность Ломоносова, его борьба против засилья церкви в вопросах науки и просвещения. При Петре I были достигнуты крупные успехи не только в распространении научных знаний, но и в освобождении просвещения от православно-теологического влияния. Однако при ближайших преемниках Петра I это влияние вновь усилилось и не всегда получало отпор со стороны светской власти. В особенности это проявилось в годы правления императрицы Елизаветы (1741—1761), совпавшие с расцветом творчества Ломоносова; Ломоносов, как и многие его современники, испытывал большие затруднения в распространении своих передовых идей.

Тем большее значение в эти годы приобретала борьба Ломоносова против вмешательства церкви в дела науки. Для этой борьбы он использовал все имевшиеся в его распоряжении средства, писал в различных журналах.

В сатирических произведениях Ломоносов высмеивал невежество служителей церкви, их беспомощность в попытках объяснить устройство мира при помощи библейских текстов. В других своих печатных выступлениях он, опираясь на исторические факты, утверждал, что религиозный фанатизм, основанный на невежестве, всегда препятствовал развитию науки, а следовательно, и прогрессу человечества. Так, в статье «Прибавление к явлению Венеры на Солнце», опубликованной вслед за отчетом о наблюдении прохождения, приведшем к открытию атмосферы на Венере, Ломоносов писал о том, как много веков «идолопоклонническое суеверие держало астрономическую Землю в своих челюстях, не давая ей двигаться», и как ревнители истинной веры преследовали ученых — носителей передовых идей об устройстве вселенной и «правду на много веков погасили».

Деятельность Ломоносова и других передовых ученых его времени в значительной степени способствовала тому, что к концу первой половины XVIII в. система мира Коперника получила в России полное признание. В 1750 г. Академия наук, по инициативе Эйлера, поддержанной Ломоносовым и другими передовыми учеными, объявила конкурс на лучшее сочинение по уточнению теории движения Луны (иначе говоря по проверке правильности закона всемирного тяготения Ньютона в применении к сложному движению Луны). Конечно, такой конкурс (в результате которого премии удостоен был труд Клеро) мог быть проведен только на основе безусловного признания истинности учения Коперника в прогрессивных, в первую очередь, в научных кругах русского общества. В начале второй половины XVIII в. система мира Коперника была положена в основу преподавания астрономии в гражданских, военных, а потом и в духовных учебных заведениях.

Распространению знаний о вселенной в России в большой мере способствовала и деятельность русских

6]
астро
Ломо
Н. Г
(174
попу
чивш
дости
лось
берта
струк
влекл
читат

астрономов второй половины XVIII в., продолжателей ломоносовской научной традиции — С. Я. Румовского, Н. Г. Курганова (1726—1796), П. Б. Иноходцева (1742—1806), Ф. И. Шуберта и многих талантливых популяризаторов науки. В русской журналистике, получившей в эту эпоху широкое развитие, популяризации достижений астрономии и связанных с ней наук уделялось большое внимание. Поэтому и система мира Ламберта, утверждавшая как пространственную, так и структурную бесконечность вселенной, в конце века привлекла к себе внимание значительного круга русских читателей.

V. РАЗВИТИЕ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ И ПРОБЛЕМА СТРОЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ В КОНЦЕ XVIII И В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX вв.

1. Труды В. Гершеля по звездной астрономии

В историю развития представлений о вселенной XVIII в. вошел как век блестящего развития умозрительной космологии, которая в своих выводах значительно опередила наблюдательные возможности науки не только XVIII в., но и XIX в. В основе идей и представлений Сведенборга и Райта, Канта и Ламберта лежало безусловное признание бесконечности вселенной, а отсюда и существования бесконечного множества звездных миров и их систем. В космологических воззрениях Канта и особенно Ламберта вселенная представлялась бесконечной не только пространственно, но и структурно. Как уже отмечалось, Ламберт, рассматривавший в своих умозрениях Млечный Путь как исполняющую систему, объединяющую множество звездных систем, утверждал также, что существуют системы, объединяющие многие такие млечные пути и входящие в свою очередь в следующие звенья бесконечной иерархической лестницы космических систем. В то же время астрономические исследования в XVIII в. впервые вышли за пределы солнечной системы. Были сделаны первые открытия в области изучения звездного мира, правда, в очень скромных пределах. Такими первыми открытиями, ставшими основой для дальнейшего изучения звездной вселенной, были обнаружение собственного движения звезд и установление приблизительных расстояний до ближайших из них. Хотя попытки Брадлея и других астрономов XVIII в. измерить параллаксы

звезд и т.д.
не увенчался
различными
меньше

Только
наблюдатель
ражения

звезд и таким образом определить их точные расстояния не увенчались успехом, но они привели к выводу, что параллаксы даже ближайших звезд во всяком случае меньше $1'',0$.



Вильям Гершель (1738—1822).

Только с помощью значительно более мощных наблюдательных средств, чем те, которые были в распоряжении астрономов на протяжении большей части

XVIII в., оказалось возможным в конце века предпринять первую попытку уже не умозрительно, а путем наблюдений выяснить закономерности пространственного распределения звезд в Млечном Пути, его форму и размеры, а также и положение Солнца в нем. Эту попытку, имевшую большое значение в истории науки (несмотря на то, что ее результаты в лучшем случае могут рассматриваться как первое приближение в решении вопроса о строении Млечного Пути), предпринял выдающийся английский астроном В. Гершель (1738—1822), обогативший науку многими важными открытиями.

Гершель родился в Ганновере и в течение многих лет, даже тогда, когда он уже занимался астрономией, был музыкантом. В 1761 г. он переселился в Англию. Занимаясь астрономическими наблюдениями и изготовляя самостоятельно телескопы, Гершель из любителя астрономии со временем превратился в одного из крупнейших ученых конца XVIII и начала XIX вв. В изготовлении телескопов-рефлекторов Гершель достиг необычайного искусства. Начав с небольших инструментов, он постепенно создавал телескопы все большей и большей мощности. Вершиной его деятельности в этом направлении было создание в 1789 г. гигантского телескопа с зеркалом диаметром в 122 см при фокусном расстоянии в 12 м. По своей проницающей способности этот инструмент долго оставался непревзойденным.

Систематические наблюдения Гершель начал только в 1774 г. В 1781 г., располагая еще рефлектором скромных размеров, он открыл новое светило, которое принял за комету. Однако в действительности, как вскоре установил русский академик астроном А. И. Лексель, вычисливший орбиту нового светила, это была не комета, а планета, почти вдвое более далекая от Солнца, чем Сатурн, и получившая название Уран. Это было первое открытие новой планеты в истории человечества и, вместе с тем, первое, но не последнее в XVIII в. открытие нового космического тела в солнечной системе, не считая комет (в конце века Гершелем были открыты два спутника Урана и два новых спутника Сатурна). Это открытие не было основным достижением в научном творчестве Гершеля. Гораздо большее значение имело подтвержде-

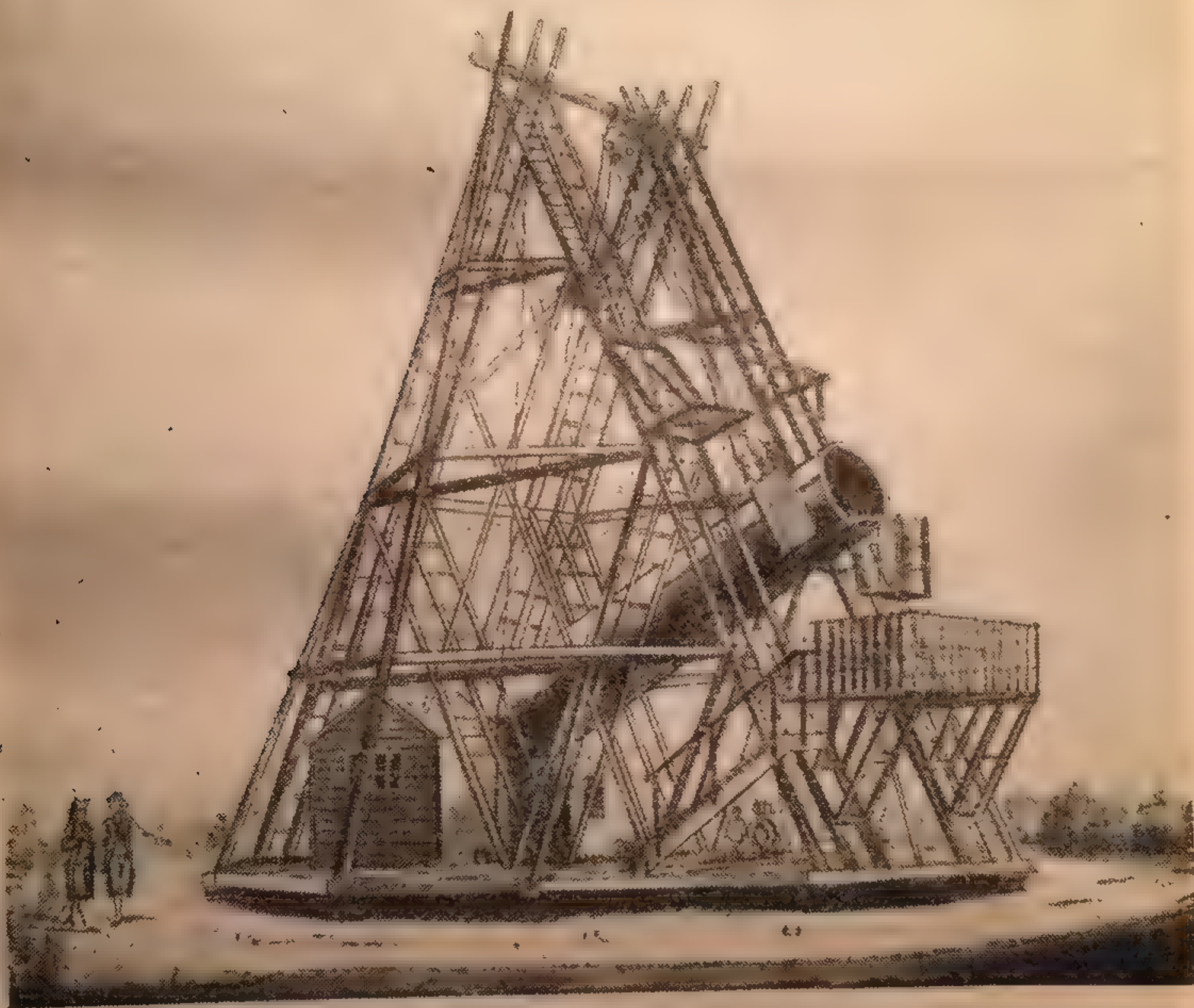
ние им существования движения Солнца в пространстве и определение направления этого движения.

В том, что Солнце является одной из звезд и что оно, как и все звезды, должно иметь собственное движение, на исходе XVIII в. не было сомнения. Задача сводилась лишь к разработке метода, с помощью которого можно установить наличие такого движения, в котором вместе с Солнцем участвует и Земля. Один из методов был предложен Т. Майером и основывался на анализе собственных движений ряда звезд, которые рассматривались при этом только как отражение движения Солнца. Пользуясь этим методом, Гершель в 1783 г. установил, что Солнце, а следовательно, и вся солнечная система, действительно движется в пространстве по направлению к созвездию Геркулеса. Материалов, которыми располагал Гершель (собственные движения только 13 звезд), было недостаточно для того, чтобы определить скорость движения Солнца в тех или иных единицах. По современным данным скорость движения Солнца в пространстве равна 20 км/сек.

Гершелю принадлежат первые систематические исследования еще в одной области астрономии, приобретшей вскоре исключительно важное значение, — в области изучения двойных и кратных звезд.

К началу деятельности Гершеля двойных звезд было обнаружено очень немного. При этом не было никаких прямых доказательств того, что эти звезды являются физическими двойными звездами, т. е. что оба компонента звездной пары действительно находятся в близком соседстве между собой и образуют единую динамическую систему, а не являются звездами, находящимися на разных расстояниях от Земли и кажущимися очень близкими лишь в перспективе (такие «двойные» звезды называют оптическими). Однако многие соображения, в частности и расчеты, основанные на математической теории вероятностей, приводили к выводу, что такая кажущаяся перспективная близость может встретиться только в исключительно редких случаях. Между тем в результате долголетних наблюдений с применением все больших и больших телескопов Гершель обнаружил несколько сотен двойных звезд; были найдены также и

тройные и четверные (такие звезды получили наименование «кратных»). Таким образом, результаты наблюдений показывали, что физическая двойственность (и даже кратность) звезд — не редкое явление во вселенной.



Большой телескоп Гершеля.

Систематические долголетние наблюдения отдельных двойных систем позволили Гершелю обнаружить движение компонентов внутри систем. Для трех таких систем Гершелю даже удалось определить периоды обращения, которые составляли сотни лет. Представлялось весьма вероятным, что движение компонентов в системах происходит вокруг общего центра тяжести. Однако в то время (первые годы XIX в.) еще не было возможности уста-

новить то
системах
ного тяго
ной сист
кратных
Пробл

мание Гер
сти, приче
тов давал
решение э
шественн
совершенство
та: Герше
основе наб
ных таким
С помощью
ром около
предприн
мых в пр
участках
рядке.

Этот м
«метода ч
началом с
следовани
вопроса: н
ного Пути
протяжен
система?

В рас
о звездны
утвердив
ших звезд
единиц),
Поэтому,
должен бы
роятных
Гершел
пространс
ния звезд
о больше

новить точные законы движения в двойных и кратных системах и доказать, таким образом, что закон всемирного тяготения, управляющий движением планет солнечной системы, действует также и в системах двойных и кратных звезд, в глубинах Млечного Пути.

Проблема строения Млечного Пути привлекала внимание Гершеля с самого начала его научной деятельности, причем наблюдения с помощью мощных инструментов давали надежду получить хотя бы приближенное решение этой задачи. У Гершеля не было прямых предшественников в этих исследованиях. Его работа имела совершенно иной характер, чем труды Канта и Ламберта: Гершель стремился выяснить «устройство неба» на основе наблюдений и количественного анализа полученных таким образом данных, а не на основе умозрений. С помощью своего телескопа, имевшего зеркало диаметром около 45 см и фокусное расстояние 6 м, Гершель предпринял огромную работу по подсчету звезд, видимых в пределах поля зрения телескопа на различных участках неба, выбиравшихся им в определенном порядке.

Этот метод исследования неба получил название «метода черпков», а его применение Гершелем явилось началом современной звездной статистики. В своих исследованиях Гершель стремился выяснить два основных вопроса: как распределяются звезды в пределах Млечного Пути в разных направлениях от Солнца и какую протяженность в этих направлениях имеет звездная система?

В распоряжении Гершеля не было никаких сведений о звездных расстояниях (за исключением уже прочно утвердившегося мнения, что расстояния до ближайших звезд составляют 200—500 тысяч астрономических единиц), ничего не было известно о светимости звезд. Поэтому, предпринимая свои исследования, Гершель должен был исходить из некоторых более или менее вероятных (условных) допущений.

Гершель предположил, что звезды распределены в пространстве равномерно и что сгущения или скучивания звезд в том или ином участке неба свидетельствуют о большей протяженности звездной системы в этом на-

правлении. Гершель считал также, что все звезды (в том числе, конечно, и Солнце) имеют одинаковую светимость и что их видимый блеск зависит исключительно от расстояния до них. Звезды первой величины он считал наиболее близкими к солнечной системе. Мировое пространство при этом он признавал абсолютно прозрачным, так что свет от звезд распространяется неограниченно, ослабевая обратно пропорционально квадрату расстояния, без каких-либо иных потерь на своем пути. Наконец, Гершель исходил из предположения, что в его телескоп по всем направлениям могут быть видны даже наиболее удаленные звезды системы Млечного Пути.

В свете более поздних открытий все эти исходные предположения Гершеля оказались ошибочными. Звезды в Галактике распределены неравномерно, причем звездные скопления реально существуют. Диапазон светимостей звезд оказался огромным: есть звезды, по светимости превосходящие Солнце в сотни тысяч и более раз, а наряду с ними — звезды, в сотни и даже миллионы раз более слабые, чем Солнце. Межзвездное пространство не является прозрачным, и наличие в нем облаков темной, поглощающей свет материи обуславливает потерю света, идущего от звезд. Проницающая сила не только 45-сантиметрового, но и позднее сооруженного 122-сантиметрового телескопа Гершеля была недостаточна для достижения крайних пределов звездной системы Млечного Пути. Поэтому, исходя из своих допущений, Гершель не смог сделать правильных выводов ни о форме звездной системы Млечного Пути, ни о ее размерах, ни о местоположении Солнца в ней.

Практически метод Гершеля заключался в подсчете числа звезд, видимых в поле зрения телескопа в различных направлениях. Расстояния звезд при своих исследованиях он определял в условной мере — в единицах расстояния звезд первой величины, которое в абсолютном выражении ему известно не было. Число звезд, видимых в том или ином направлении, определяло, насколько далеко в этом направлении простирается звездная система. Таким образом, в результате своих подсчетов Гершель в общих чертах наметил пространственные контуры Галактики и пришел к заключению, что про-

2)
странство
ставляет
шая для
(средних
свыше 150
це как бу
системы. I

нейшие ис
пережиток
такой выв
ложений I
достигал г

лениях он
ном отнош
вывод совр
в современ
Пути весь
полагал Г
больше ее
Гершеля.

Результ
Млечного
после этог
постепенно
собственн
своих исхо
ных на н

2
Незадо
зывалось
того, сам
открыл мн
являлись
угловых ра
шело удал
разом их з
ких туман
удавалось
объектов

странство, внутри которого расположены звезды, представляет собой «слой» неправильной формы, наибольшая длина которого составляет 850 условных единиц (средних расстояний звезд 1-й величины), а толщина не выше 150 таких единиц. При этом оказалось, что Солнце как будто находится вблизи от динамического центра системы. В этом заключении Гершеля некоторые позднейшие исследователи склонны были видеть своего рода пережиток геоцентризма. Однако это едва ли правильно: такой вывод неизбежно вытекал из ошибочных предположений Гершеля о том, что в своих наблюдениях он достигал границ звездной системы и что во всех направлениях он видит звезды одинаковой светимости. В одном отношении, однако, Гершель оказался прав и его вывод совпал с тем, что было установлено наукой уже в современную эпоху. Хотя форма системы Млечного Пути весьма существенно отличается от того, что предполагал Гершель, но диаметр ее примерно в пять раз больше ее толщины, что соответствует вычислениям Гершеля.

Результаты исследований строения звездной системы Млечного Пути Гершель опубликовал в 1785 г. Но и после этого он настойчиво продолжал свои работы и постепенно, на основании главным образом своих же собственных наблюдений, убеждался в ошибочности своих исходных положений, а следовательно, и основанных на них выводов.

2. Звезды и туманности во вселенной

Незадолго до начала работ Гершеля Мессье, как указывалось выше, составил каталог туманностей. Кроме того, сам Гершель с помощью своих мощных телескопов открыл множество новых небесных объектов, представлявшихся на фоне неба в виде туманностей различных угловых размеров. Во многих из этих туманностей Гершелю удалось различить звезды и доказать таким образом их звездную природу. Однако было немало и таких туманностей, разделить которые на звезды ему не удавалось даже в наиболее крупный телескоп. Среди этих объектов некоторые представляли собой сферическую

туманную оболочку, окружающую яркую звезду. Таким образом, с одной стороны, было с несомненностью доказано существование более или менее тесных звездных скоплений, свидетельствовавшее о том, что звезды в пространстве распределены вовсе не равномерно; с другой стороны, выяснялось, что звезды — не единственная форма существования материи во вселенной и что наряду со звездами существуют облака рассеянной (диффузной) материи, очевидно, также играющие важную роль в мироздании.

Эти новые открытия и обнаружение новых закономерностей в ранее уже известных явлениях обусловили радикальные изменения во взглядах Гершеля на строение Млечного Пути. В исследованиях, выполненных на протяжении 90-х гг. XVIII в. и первых двух десятилетий XIX в., Гершель пришел к выводам, отличным от изложенных выше. Прежде всего, как уже было сказано, он окончательно убедился, что двойственность и кратность звезд в подавляющем большинстве случаев не представляют собой оптическое явление, и признал существование физических систем двух и более звезд. Он признал также и факт неравномерности распределения звезд в пространстве и пришел к выводу, что различия в блеске звезд определяются не только неодинаковыми расстояниями до них, но и различной их светимостью. Наконец, Гершель убедился в том, что Млечный Путь не «просматривается» до границ даже и в самые сильные телескопы, а поэтому и попытки определения его протяженности путем подсчетов звезд не могут быть сколько-нибудь успешными.

Гершелю не удалось создать законченную гипотезу строения Млечного Пути. Тем не менее его продолжавшиеся в общей сложности четыре десятилетия исследования имеют выдающееся значение в истории науки. Дело не только в том, что Гершель был первым астрономом, пытавшимся исследовать строение Млечного Пути на основе наблюдений и количественных подсчетов, положив таким образом начало современной звездной статистике, являющейся одним из основных методов современной звездной астрономии. Не меньшее значение имеет и тот факт, что благодаря исследованиям

Гершеля
объектах,
о двойных
туманно
Путь — э
дельных з
стему. В
важности
вел обшир
впервые б
охвативши
этом Герше
менения бл
Перемен
шеля. Еще
о Кита пер
блеск. Позд
еся потом
звезды в
еще нескол
изменений
живал ориг
цузским ас
жении о вра
ся лишь м
шель, пред
всей их по
шении блес
Большое
роду туман
многолетни
что многие
действитель
дятся в пред
обнаружено
вало о том,
большое рас
роны, Герше
манности я
Он, в частн
ются туман

Гершеля значительно расширились знания о небесных объектах, составляющих Млечный Путь, в особенности о двойных и кратных звездах, о звездных скоплениях и туманностях. Уже сам Гершель признал, что Млечный Путь — это огромное собрание звездных скоплений, отдельных звезд и туманностей, образующих единую систему. В ходе своих исследований Гершель убедился в важности сравнительного изучения блеска звезд и провел обширные циклы соответствующих наблюдений. Им впервые были составлены фотометрические каталоги, охватившие в общей сложности около 3000 звезд. При этом Гершель обратил особое внимание на явление изменения блеска у некоторых звезд.

Переменные звезды были открыты задолго до Гершеля. Еще в 1596 г. было обнаружено, что звезда α Кита периодически в значительных пределах меняет блеск. Позднее, в 1670 г., изменения блеска (оказавшиеся потом строго периодическими) были замечены у звезды β Персея (Алголь). В XVIII в. было открыто еще несколько переменных звезд. В отношении причин изменений блеска у звезд этого типа Гершель поддерживал оригинальную гипотезу, высказанную ранее французским астрономом Буйо и основанную на предположении о вращательном движении звезд, подтвердившемся лишь много позднее. Буйо, а вслед за ним и Гершель, предполагали, что у некоторых звезд яркость на всей их поверхности неодинакова и поэтому при вращении блеск их периодически изменяется.

Большое значение имели воззрения Гершеля на природу туманностей, к которым он пришел в итоге своих многолетних наблюдений. С одной стороны, казалось, что многие туманности, не разлагающиеся на звезды, действительно состоят из рассеянной материи и находятся в пределах Млечного Пути. Таких объектов было обнаружено большое количество, и это свидетельствовало о том, что диффузная (незвездная) материя имеет большое распространение во вселенной. С другой стороны, Гершель не сомневался в том, что некоторые туманности являются далекими звездными системами. Он, в частности, полагал, что такими объектами являются туманности в созвездиях Ориона и Андромеды.

В отношении первой из них Гершель ошибался: туманность Ориона является диффузной туманностью, связанной с группой звезд, частично расположенных внутри нее. В отношении туманности Андромеды современная наука полностью подтвердила предположение Гершеля.

Изучая диффузные туманности и звездные скопления, Гершель пришел к мысли, что те и другие являются космическими образованиями, находящимися на разных стадиях развития. Сгущение туманной материи приводит к образованию звезд (а может быть, и целых звездных скоплений) — в этом отношении Гершель разделял точку зрения Канта и Лапласа. Но Гершель считал также, что развитие диффузной материи и образование из нее звезд является процессом, непрерывно продолжающимся в природе. Он полагал, что звезды Млечного Пути не возникли когда-то все одновременно, а продолжают формироваться и в настоящее время. Эта идея Гершеля далеко опередила его эпоху. Как известно, более поздняя космогония усвоила метафизическое представление о единовременном возникновении всех звезд в Галактике. Это представление было разрушено окончательно только в конце второй четверти XX в., когда было установлено, что звезды в Галактике (и в других галактиках) имеют разный возраст.

3. Космогония Лапласа

Космогоническая гипотеза Лапласа была опубликована в 1796 г. Лаплас был одним из крупнейших ученых конца XVIII и начала XIX вв. Основное место среди его исследований занимают вопросы небесной механики. «*Traité de mécanique céleste*» («Небесная механика») — так озаглавлено было и его многотомное сочинение (тт. 1—5, 1799—1825), в котором нашли свое обобщение достижения ученых XVII—XVIII вв. в познании закономерностей движения тел солнечной системы, в том числе и достижения самого Лапласа. В 1796 г. была издана его популярная книга «*Système du Monde*» («Изложение системы мира»), в которой, между прочим в приложении излагались взгляды автора на происхождение солнечной системы, сложившиеся у него на

основе критического анализа всех достижений науки. Лаплас предпринял попытку создать такую гипотезу происхождения солнечной системы (в отличие от Канта и Гершеля, Лаплас рассматривал только солнечную систему, не касаясь более общего вопроса происхождения звездных систем), которая объясняла бы все уже известные закономерности этой системы. В частности, нужно было объяснить почти круговые орбиты всех известных тогда планет и спутников, движение их в одном направлении, и притом приблизительно в одной плоскости. Причиной этого могло служить общее происхождение всех тел солнечной системы. По мнению Лапласа, «первичная» туманность, из которой образовались Солнце и планеты, в свое время занимала огромное пространство, далеко выходящее за пределы современной солнечной системы, и медленно равномерно вращалась. Постепенно, в течение очень длительного времени, туманность охлаждалась и сжималась, в силу чего угловая скорость вращения возрастала, что в свою очередь приводило к возрастанию центробежной силы, особенно большой в экваториальной зоне туманности, и к стягиванию вещества к плоскости экватора. Форма туманности все больше приближалась к форме плоского диска, в центре которого образовывалось более плотное сгущение — основа будущего Солнца. Скорость вращения туманности продолжала возрастать и в конце концов достигла критического значения, при



Пьер Симон Лаплас (1749—1827).

котором на экваторе центробежная сила превысила силу тяготения. В это время, согласно представлениям Лапласа, от туманности в ее экваториальной плоскости отделилось некоторое количество вещества в форме кольца. Отделившееся кольцо продолжало вращаться вокруг центра туманности.

После отделения первого кольца туманность временно снова стала устойчивой и продолжала сжиматься. Через некоторое время, вследствие ускорения вращения, от туманности отделилось следующее кольцо, расположенное внутри первого. Так же образовались третье и ряд последующих колец. Каждое кольцо, будучи неустойчивым, со временем разомкнулось, и вещество его собралось в компактную массу, принявшую сфероидальную форму и получившую осевое вращение наряду с вращением вокруг центральной массы — будущего Солнца. В дальнейшем в каждой из таких масс, представлявших собой основы будущих планет, в меньшем масштабе произошли те же процессы, что и в первичной туманности. Так образовались спутники планет.

В то время, когда Лаплас опубликовал свою гипотезу, в солнечной системе было известно только семь больших планет. О существовании малых планет (астероидов), орбиты большинства которых расположены между орбитами Марса и Юпитера, еще ничего не было известно. Первую из малых планет — Цереру — открыл в 1801 г. Дж. Пиацци. В последующие годы (1801—1807) были открыты еще три (Паллада, Веста, Юнона). Начиная с 1845 г., число известных малых планет стало быстро возрастать, и к концу XIX в. их было известно уже свыше 400 (в настоящее время около 1600). Оказалось, что гипотеза Лапласа объясняет и происхождение малых планет. Они могли возникнуть при распаде одного из колец первичной туманности, когда все вещество кольца не собралось в компактную массу, но разделилось на множество небольших сгустков. Таким образом, вместо одной планеты образовалось множество мелких тел.

Лаплас не ставил вопроса о причине вращения первичной туманности. Но развернутая в его гипотезе картина эволюции первичной туманности и образования

Солнца. Т.
тельно об
ствующей
убедитель
Вместе с т
ческая ра
вичным ма
ные тела —
На прот
знавали дос
причем не
ки, одной из
рии Земли. В
представлен
планеты в св
лялось несом
щества горя
каленным те
ласа столкну
этой гипотез
ченные выше
определили е
космогонии.
Первые д
отмечены дал
блюдения, н
способствов
области звез
хами небесно

4. Развитие

Труды Гер
системы Млеч
накопленных
не достаточно
задачи звездн
ствовавшие на
мических наб
оказывались

Солнца, планет и их спутников не только удовлетворительно объясняла наблюдаемые закономерности существующей солнечной системы, но и была основана на убедительных физических и механических рассуждениях. Вместе с тем в гипотезе Лапласа разъяснялась космическая роль туманной материи, оказывавшейся первичным материалом, из которого формируются небесные тела — звезды и планеты.

На протяжении всего XIX в. гипотезу Лапласа признавали достоверной подавляющее большинство ученых, причем не только астрономы. Развитие геологии — науки, одной из задач которой является воссоздание истории Земли, в течение долгого времени основывалось на представлении о происхождении и развитии Земли как планеты в свете гипотезы Лапласа. При этом представлялось несомненным, что Земля, образовавшаяся из вещества горячей туманности, первоначально была раскаленным телом. Только в конце XIX в. гипотеза Лапласа столкнулась с новыми фактами, которые в рамках этой гипотезы уже не могли быть объяснены. Но отмеченные выше прогрессивные основы гипотезы Лапласа определили ее непреходящую роль в развитии научной космогонии.

Первые десятилетия XIX в. в области астрономии отмечены дальнейшим развитием точных методов наблюдения, накоплением наблюдательного материала, способствовавшего в дальнейшем важным открытиям в области звездной астрономии, и существенными успехами небесной механики.

4. Развитие методов астрономических наблюдений

Труды Гершеля по исследованию строения звездной системы Млечного Пути свидетельствовали о том, что накопленных фактических данных о звездах еще далеко не достаточно для решения поставленной им основной задачи звездной астрономии. Сложившиеся и совершенствовавшиеся на протяжении XVIII в. методы астрономических наблюдений и угловых измерений все еще оказывались недостаточно точными и не давали возмож-

ности определить значение параллакса даже ближайших звезд и установить таким образом их расстояния, выраженные в абсолютных единицах.

Вопрос о повышении точности астрономических наблюдений был тесно связан с изучением возможных ошибок наблюдений и с созданием методов освобождения полученных результатов от влияния этих ошибок. Такая задача ставилась и прежними наблюдателями. Уже Тихо Браге придавал значение учету влияния рефракции (преломления света в земной атмосфере), вызывающей небольшие видимые смещения звезд по направлению к зениту. Наблюдения Бадлея отличались для своего времени особой точностью, в частности, потому, что он обращал особое внимание на учет различных



Фридрих Вильгельм Бессель
(1734—1846).

ошибок наблюдений, а также на учет влияния абберрации, нутации и других факторов, оказывающих влияние на наблюдаемое положение небесных светил.

Ошибки при астрономических наблюдениях чрезвычайно многообразны. Помимо «личных» ошибок, зависящих от физиологических особенностей наблюдателя, неизбежны и ошибки, обусловленные состоянием инструментов, хотя бы и самого высокого качества. Важный процесс вскрытия и учета таких ошибок, естественно, должен был становиться все более сложным по мере повышения требований точности наблюдений с помощью новых астрономических инструментов, служащих для

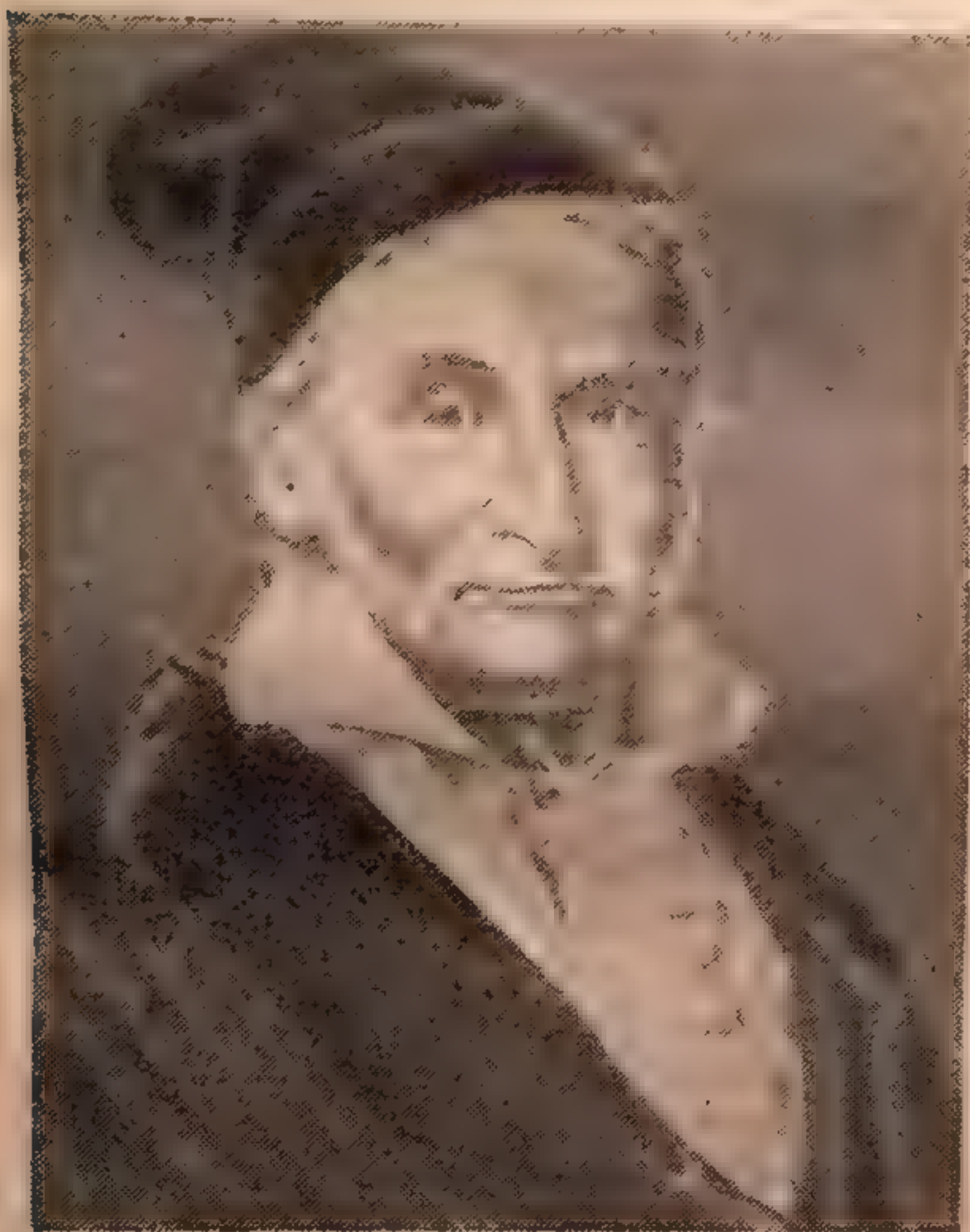
определения экваториальных координат звезд,— меридианного круга и пассажного инструмента. Заслугой немецкого астронома Ф. В. Бесселя (1784—1846), работавшего в Кенигсберге, является усовершенствование методов редукции (т. е. исправления) результатов наблюдений. Бессель издал каталог, содержащий исправленные им наблюдения Бадлея, а затем разработал и общие методы редукции наблюдений. Он опубликовал также собственные наблюдения положений звезд, причем его каталог был более полным, чем каталоги предшественников. Бессель много занимался определением собственных движений звезд. Исследуя собственные движения звезд Сириуса и Прокциона, он на основании замеченных им особенностей в этом движении сделал вывод о наличии у Сириуса и Прокциона спутников. Эти спутники действительно были открыты позже и оказались слабыми звездами. Впоследствии выяснилось, что спутник Сириуса является звездой с чрезвычайно высокой плотностью.

Необходимо отметить, что определение наиболее вероятных средних значений наблюдаемых величин (например координат звезд) из результатов, полученных на разных обсерваториях, в разное время и с различной степенью точности, не могло производиться без создания соответствующего математического метода. Такой метод (метод наименьших квадратов) был создан знаменитым немецким математиком К. Ф. Гауссом (1777—1855). Но его заслуга перед наукой далеко не ограничивается этим: он внес ценнейший вклад в разработку многих разделов математики, физики, геодезии. После открытия первых малых планет Гаусс разработал новые методы определения орбит тел солнечной системы, включая и метод определения элементов орбиты по трем наблюдениям данного небесного тела.

К этому же периоду относится и начало деятельности выдающегося немецкого астронома Ф. Аргеландера (1799—1875), работавшего сначала в Або и в Гельсингфорсе (ныне Турку и Хельсинки в Финляндии), а затем в Бонне (Германия). Аргеландер окончательно доказал реальность собственного движения Солнца, открытого впервые Гершелем. Он может быть назван

основоположником систематических наблюдений переменных звезд, которые обнаруживались во все возрастающем количестве и все больше привлекали внимание исследователей.

Главным трудом Аргеландера был огромный звездный каталог, заверченный и опубликованный уже во второй половине века (1868 г.) и получивший название «Боннского обозрения».



Карл Фридрих Гаусс (1777—1855).

Аргеландер произвел приближенные определения звездных величин более 300 000 звезд, вошедших в этот каталог. Однако это были еще грубые глазомерные оценки. Только во второй половине XIX в. были созданы специальные приборы для точного определения блеска звезд и положено начало астрономической фотометрии как одного из разделов астрофизики. Еще значительно позднее, в результате новых открытий, основанных, в частности, на применении астрофизических

методов, выяснилось, что изучение переменных звезд открывает новые пути для выяснения строения и развития звезд и звездных систем.

Космологические воззрения Канта и Ламберта не получили какого-либо подтверждения со стороны наблюдательной астрономии не только в XVIII, но и в XIX вв.; слишком скудны для этого были накопленные сведения о звездном мире и несовершенны инструменты. Однако идеи бесконечности вселенной и бесконечного множества обитаемых миров, утверждавшиеся космологией XVIII в., продолжали пользоваться широким

распространением и широко пропагандировались в научно-популярных трудах лучших астрономов XIX в. Популяризаторами этих идей, в частности, были выдающийся английский астроном Дж. Гершель (1792—1871) — сын В. Гершеля и его продолжатель в деле исследований двойных звезд, звездных скоплений и туманностей, французский астроном и физик Ф. Араго (1786—1853), видный австрийский астроном И. И. Литтров (1781—1840), работавший в 1810—1816 гг. в России в качестве первого профессора астрономии Казанского университета. Их капитальные популярные труды («Очерки астрономии» Гершеля, «Общедоступная астрономия» Араго, «Тайны неба» Литтрова) были переведены на русский язык и пользовались большим успехом у русских читателей. Выдающимся популяризатором передовых космологических идей был крупный русский астроном, основатель Московской обсерватории Д. М. Перевощиков (1788—1880). Его литературно-популяризаторская деятельность была связана с передовыми журналами того времени («Отечественные записки», а потом «Современник» Н. А. Некрасова и Н. Г. Чернышевского) и в тяжелый период николаевской реакции способствовала распространению материалистических взглядов на строение вселенной среди широкого круга русских читателей.

5. В. Я. Струве и его звездно-астрономические труды

В середине второй четверти века на основе точных наблюдений впервые были измерены параллаксы нескольких звезд и тем самым положено начало точному определению звездных расстояний. Это достижение, значение которого трудно переоценить, было связано с деятельностью великого русского астронома В. Я. Струве (1793—1864), а также Бесселя и английского астронома Т. Гендерсона (1798—1844). С именем Струве связаны и капитальные исследования, в которых были заложены основы современных представлений о строении Млечного Пути.

В. Я. Струве был воспитанником университета в Дерпте (ныне Тарту, Эстонская ССР), основанного в Рос-

сии наряду с Виленским, Казанским и Харьковским университетами в самом начале XIX в., в период либеральных реформ первых лет царствования Александра I. При Дерптском университете раньше, чем при других русских университетах (не исключая и ранее открытого Московского), была основана астрономическая обсерватория.

В Дерптском университете Струве первоначально получил филологическое образование. Однако заинтересовавшись астрономией, он затем очень быстро прошел курс физико-математических наук и начал работу на обсерватории.

В 1814 г. Струве стал астрономом-наблюдателем Дерптской обсерватории и начал чтение лекций в университете. С 1818 по 1839 г. он был профессором университета и директором обсерватории.

Направление научных исследований Струве во многом совпадало с научными интересами Гершеля. Для Струве, как и для Гершеля, тщательные наблюдения, изучение различных небесных объектов на основе новых методов исследования в известной мере были только источником материалов для более глубоких исследований, целью которых являлось выяснение общих закономерностей строения вселенной. В этом отношении деятельность Струве значительно отличалась от деятельности Бесселя, который, будучи тоже выдающимся мастером точных астрономических наблюдений, не ставил таких общих задач.

В пределах настоящей книги нет возможности охватить все стороны многообразной научной деятельности Струве, в частности, в области практической астрономии и геодезии. Упомянем только, что Струве был организатором и руководителем ряда градусных измерений, причем последнее по времени — измерение дуги меридиана от Дуная до Северного Ледовитого океана, общим протяжением в $25^{\circ}20'$ (законченное в 1852 г.) — имело мировое значение. Подробнее нужно охарактеризовать звездно-астрономические работы Струве, которые непосредственно подвели его к обобщающим исследованиям строения Млечного Пути.

За четверть века работы на Дерптской обсерватории Струве уделял наибольшее внимание отысканию и

изучению двойных и кратных звезд. В этом деле он был непосредственным продолжателем Гершеля, которому удалось открыть и описать около 500 двойных звезд,



Василий Яковлевич Струве (1793—1864).

что для того времени было крупнейшим вкладом в науку. Струве достиг значительно больших результатов. Исследования двойных звезд он начал с очень скромными наблюдательными средствами, а затем продолжил

их уже с помощью крупного инструмента — рефрактора с объективом диаметром в 23 см (тогда наибольшего в мире) *). При наблюдениях Струве использовал усовершенствованный им микрометр. По существу, он был создателем этого прибора в его современной форме.

Струве проделал огромную работу. Обследовав 120 тысяч звезд до 9-й видимой величины (от северного полюса неба до 20° южного склонения), он обнаружил свыше 2200 двойных и кратных звезд. Струве, однако, не считал это число исчерпывающим: ввиду трудности, а подчас и невозможности обнаружения спутников у слабых и, по-видимому, далеких звезд, многие из них не попали в его каталоги. Результаты работы Струве приводили к выводу, подтвержденному современной наукой, что двойные и кратные системы — далеко не исключение в мире звезд и что их существует огромное множество. Струве провел тщательные микрометрические измерения угловых расстояний между звездами в звездных парах и у многих из них обнаружил орбитальные движения вокруг общего центра тяжести. Таким образом, всеобщность закона тяготения вновь получила убедительное подтверждение.

Огромный опыт Струве и свойственная ему четкая целеустремленность в решении поставленных научных задач помогли ему впервые в истории науки измерить параллакс звезды.

Для того чтобы успешно решить эту задачу, необходимо было правильно выбрать объект исследований. На хорошие результаты можно было рассчитывать только в том случае, если для измерения параллакса выбрана звезда, достаточно близкая. Видимый блеск звезды уже не мог рассматриваться как единственный критерий расстояния. Большие собственные движения звезд в общем указывают на близкое расстояние до них, но этот критерий также не может рассматриваться как абсолютный.

*) Этот рефрактор был изготовлен мюнхенским оптиком и выдающимся мастером астрономического приборостроения И. Фраунгофером (1787—1826) и по инициативе Струве приобретен для обсерватории Дерптского университета.

В. Я. Струве
Свой выбор
северного неба
и заметным
яснялся. Кроме
расстояний
по-видимому, звезд
ной системы
рой удобно было
ческих смещений
Однако выбо
звезда оказалась
системе, и измер
сравненно больш
бы в случае дей
14-месячных наб
удалось с учето
измерить велич
ние $0'',125$, что
26 световых л
параллакс Вега
результата в 18
в течение полу
ки всех наблю
что было вызв
Вега недол
вестным расст
делить парал
на мысе Доб
рил паралла
зались значи
Вега. Соглас
первой из н
*) В XVIII
строена обсерва
ции и долгое в
дений в Южно
каль, состав
В 1833—1838
при этом тот
счетов звезд
вели к открыт
в Южном пол
70

Свой выбор Струве остановил на самой яркой звезде северного неба — Веге (α Лиры), обладающей также и заметным собственным движением. Выбор Веги объяснялся, кроме того, тем, что очень близко от нее (на расстоянии всего лишь $43''$) расположена слабая и, по-видимому, значительно более удаленная от солнечной системы звезда 10-й величины, относительно которой удобно было проводить все измерения параллактических смещений Веги.

Однако выбор Веги был не вполне удачным: эта звезда оказалась далеко не самой близкой к солнечной системе, и измерение ее параллакса связано было с несравненно большими усилиями, чем это потребовалось бы в случае действительно ближайшей звезды. После 14-месячных наблюдений в Дерпте (1835—1836) Струве удалось с учетом всех возможных ошибок весьма точно измерить величину параллакса Веги: он получил значение $0'',125$, что соответствует расстоянию 8 парсеков, или 26 световых лет (согласно современным определениям параллакс Веги равен $0'',123$). После опубликования этого результата в 1837 г. Струве продолжал наблюдения еще в течение полутора лет, однако результат обработки всех наблюдений оказался несколько менее точным, что было вызвано некоторыми неучтенными ошибками.

Вега недолго оставалась единственной звездой с известным расстоянием. В 1838 г. Бесселю удалось определить параллакс звезды β Лебедя, а затем Гендерсон на мысе Доброй Надежды (Южная Африка *) измерил параллакс звезды α Центавра. Эти две звезды оказались значительно ближе к солнечной системе, чем Вега. Согласно современным определениям параллакс первой из них равен $0'',293$, второй — $0'',751$. Соответ-

*) В XVIII и XIX вв. Южная Африка (где позднее была построена обсерватория на мысе Доброй Надежды) являлась основным и долгое время единственным центром астрономических наблюдений в Южном полушарии. В 1750—1754 гг. здесь наблюдал Лакайль, составивший первое описание южного звездного неба. В 1833—1838 гг. Дж. Гершель обследовал южное небо, применив при этом тот же метод, которым пользовался В. Гершель для подсчетов звезд Северного полушария. Наблюдения Дж. Гершеля привели к открытию множества двойных звезд и туманностей, видимых в Южном полушарии Земли.

ственно расстояния до них составляют 3,4 и 1,3 парсека (11,1 и 4,3 светового года) *).

В начале 30-х гг. XIX в. был решен вопрос о постройке в окрестностях Петербурга центральной русской обсерватории, которая по своему оснащению и по составу астрономов могла бы занять ведущее положение среди обсерваторий мира. Местом для обсерватории избрали Пулковскую возвышенность. В. Я. Струве было



Пулковская обсерватория.

предложено разработать план научной деятельности обсерватории и обеспечить ее лучшими инструментами, которые в то время могли быть изготовлены. Обсерватория была открыта в 1839 г., и Струве, возглавлявший ее в качестве первого директора, продолжал здесь свою научную деятельность.

По программе, разработанной Струве, основной задачей обсерватории стало определение точных положений

*) После того, как были определены параллаксы других близких звезд, выяснилось, что α Центавра и ее слабый спутник являются ближайшими к солнечной системе звездами. Этот спутник, расположенный ближе к солнечной системе, чем главная звезда, стал именоваться Проxima («Ближайшая») Центавра.

ний звезды и...
важные обсерватории, хорошие...
ство из которых...
вые годы...
лали ее...
значения.
Деятельность
учно-практической
метрии, геодезии,
боте самого Струве
исследования...
кове он выполнил
результаты он
1847 году изложил
обстоятельный
шественник, козлов,
в книге «Естественная
ной астрономии»
Струве на...
мого распределения
блюдаемое...
представляет...
и что расстояние
мере удаленности
черкивал, что...
няется наблюдением,
зом, был у...
ной плоскости
Для Струве...
звезд различать...
судить о...
сти числа...
раллаксы...
не точным...
лу средним...
среднее...
*) К...
звезд, изме...
также и па...
ским астр...

ний звезд и составление звездных каталогов. Оборудование обсерватории, совершенство методики наблюдений, хорошо подобранный состав астрономов, большинство из которых были учениками Струве,—уже в первые годы существования Пулковской обсерватории сделали ее ведущим астрономическим центром мирового значения.

Деятельность обсерватории имела крупнейшее научно-практическое значение для решения задач астрометрии, геодезии, картографии. Однако в научной работе самого Струве большое место занимают также исследования строения звездной системы. Именно в Пулкове он выполнил свое обобщающее исследование. Его результаты он опубликовал в 1845 г. частично, а в 1847 году изложил их в полном виде (предпослав им обстоятельный критический анализ трудов своих предшественников, начиная от Кеплера и кончая Гершелем) в книге «*Etudes d'Astronomie stellaire*» («Этюды звездной астрономии»).

Струве на основании статистического анализа видимого распределения звезд пришел к выводу, что наблюдаемое сгущение звезд в плоскости Млечного Пути представляет собой не оптическое, а реальное явление и что расстояния между звездами увеличиваются по мере удаления от этой плоскости. При этом Струве подчеркивал, что наличием этого сгущения звезд объясняется наблюдаемый вид Млечного Пути. Таким образом, был установлен закон концентрации звезд к главной плоскости.

Для Струве не было сомнения в том, что светимость звезд различна и что по их видимому блеску еще нельзя судить о расстояниях. Тем не менее из-за недостаточности числа звезд, для которых уже были измерены параллаксы*), он должен был пользоваться этим далеко не точным критерием расстояния. Струве построил шкалу средних расстояний звезд разных величин, в которой среднее расстояние до звезд 1-й величины принимается

*) К этому времени были известны, кроме параллаксов трех звезд, измеренных Струве, Бесселем и Гендерсоном в 1835—1839 гг., также и параллаксы нескольких других звезд, определенные пулковским астрономом Х. И. Петерсом (1806—1880).

равным 15,5 светового года, а расстояние звезд 6,5-й величины, находящихся на пределе зрения без помощи телескопа,— почти 140 световым годам.

Теоретически определив число звезд, которые должны быть видимы в телескоп Гершеля, Струве сравнил его с числом звезд, наблюдавшихся в действительности. Он установил, что звезд усматривается значительно меньше, чем это позволяет оптическая сила телескопа, причем разница между теоретическим и наблюдаемым числом звезд возрастает по мере перехода к звездам все более и более слабых величин. Из этого следовало, что свет, идущий от звезд, испытывает в пространстве потери, вследствие чего далекие очень слабые звезды становятся недоступными для наблюдений, свет же относительно более ярких звезд доходит до Земли значительно ослабленным. Иначе говоря, уменьшение интенсивности света, идущего от звезд, происходит в несколько большей степени, чем обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. Межзвездное пространство, таким образом, нельзя рассматривать как абсолютно прозрачное.

Сам по себе вопрос о космическом поглощении света не был совершенно новым. Предположения о существовании такого поглощения делались некоторыми исследователями и до Струве. Но предположения эти основывались исключительно на умозрительных соображениях и не подкреплялись никакими наблюдениями.

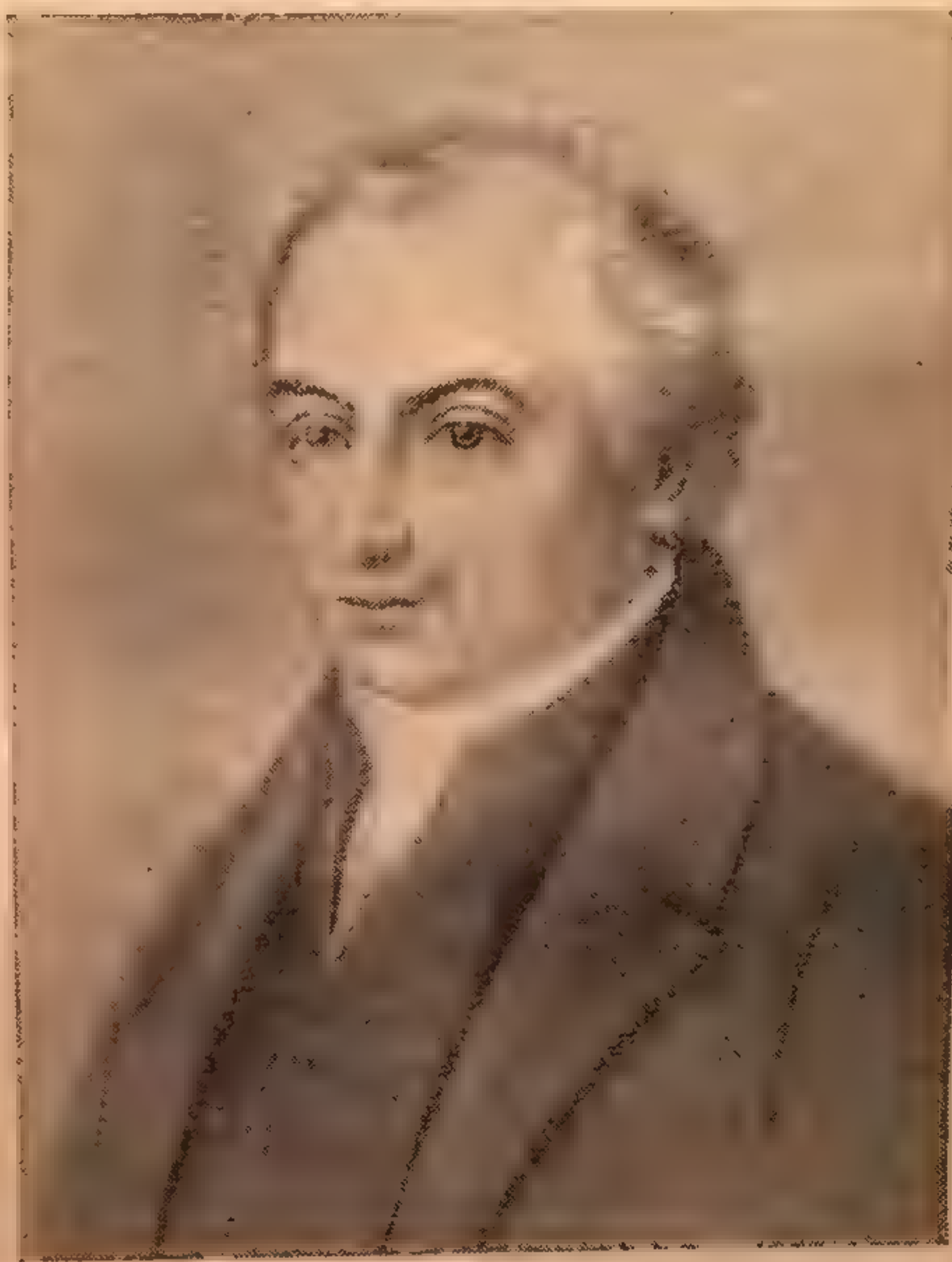
Для передовых ученых конца XVII — начала XVIII вв. бесконечность вселенной не вызывала сомнений. Но при бесконечности вселенной и бесконечном числе звезд в ней звезды должны быть видны во всех направлениях, заполняя собою все небо, которое, казалось, должно было бы при этом ослепительно сиять. В действительности же ночное небо — темное, и этот наблюдаемый факт как будто противоречит допущению бесконечности вселенной. Уже в начале XVIII в. Галлей пытался устранить это противоречие, утверждая, что бесконечное количество излучающих звезд не должно вызывать явления сплошного сияния неба. Однако математические и физические соображения, высказывавшиеся Галлеем для обоснования его точки зрения, не были

В. Я. Струве
бедительные
последствия
са», оставаясь
В 1744 г.
радоса пред
его сочинение
этому вопросу
долго оставалось
известным. В
1823 г. аналогич
ную попытку
предпринял не-
мецкий ученый
Ольберс (1758—
1840). И Шезо
Ольберс объясня
ли темноту неб
при бесконечн
числе звезд пр
положением, ч
мировое простран
ство не впол
прозрачно д
света звезд и
некоторая ча
этого света по
щается при
прохождении
межзвездных
сторах. Одна
у Ольберса
тем более, у
наблюдатель
существован
Для Стру
света в мир
ной гипотез
одно-статис
крыл явлен
странстве,
(кстати ск

убедительны, и указанное противоречие, получившее впоследствии наименование «фотометрического парадокса», оставалось в силе.

В 1744 г. попытку объяснения фотометрического парадокса предпринял швейцарский астроном Шезо, но его сочинение по этому вопросу долго оставалось неизвестным. В 1823 г. аналогичную попытку предпринял немецкий ученый Ольберс (1758—1840). И Шезо и Ольберс объясняли темноту неба при бесконечном числе звезд предположением, что мировое пространство не вполне прозрачно для света звезд и что некоторая часть этого света поглощается при его прохождении в межзвездных пространствах. Однако ни у Ольберса, ни, тем более, у его предшественника Шезо не было никаких наблюдательных фактов, которые могли бы подтвердить существование такого поглощения.

Для Струве предположение о наличии поглощения света в мировом пространстве уже не было умозрительной гипотезой: это был неоспоримый вывод из его звездно-статистических исследований. Струве не только открыл явление поглощения света в межзвездном пространстве, он определил также и величину поглощения (кстати сказать, довольно близкую к принимаемой в



Генрих Вильгельм Ольберс (1758—1840).

настоящее время), и способы его учета при звездно-статистических работах.

Изучая расположение звезд на небе, Струве пришел к заключению, что Солнце расположено не в центре звездной системы, а на значительном расстоянии от него. Современная наука подтвердила это мнение Струве. Солнце находится хотя и близко от главной плоскости, но на очень большом расстоянии от центра звездной системы Млечного Пути.

Исследования Струве заставляли признать, что размеры системы Млечного Пути значительно больше, чем это представлял себе Гершель. Границы системы оказались недоступными для зондирования, и Струве не смог установить форму и размеры Млечного Пути.

Историческое значение исследований Струве исключительно велико. Развивая методы звездной статистики, впервые примененные Гершелем, к сожалению, исходившим из ошибочных предпосылок, Струве сделал ряд важных открытий, к которым, в частности, относятся и установление концентрации звезд к галактической плоскости, и обнаружение поглощения света в межзвездном пространстве. Струве не рассматривал вопроса о возможности существования в Млечном Пути центрального Солнца в смысле Ламберта, но результаты его исследования привели к выводу о сложности строения Галактики, которое вряд ли может быть объяснено движением звезд вокруг одного, хотя бы и сверхмассивного тела. Интересно отметить, что, анализируя в «Этюдах звездной астрономии» труды своих предшественников, Струве высоко оценил космологические идеи Канта и Ламберта. Но в то же время он отмечал и слабую сторону системы мира Ламберта — чрезмерное применение механистических аналогий.

В целом труды В. Я. Струве, посвященные исследованию строения Галактики, составили эпоху в развитии звездной астрономии. Однако полностью их значение было раскрыто значительно позже. В научную историографию XIX в. Струве вошел как крупнейший астроном-наблюдатель, замечательный исследователь двойных звезд, как основатель Пулковской обсерватории и глава пулковской астрометрической школы. Звездно-астроно-

мические же
пространств
рэнсминг
жение т
было за
ный изобрет
ческого каталога

6. М. А. Ков

Важное место
мает исследова
ученика В. Я. С
ситета М. А. Ко

Появление т
было связано с
редине века в
ральном Солн
преемника Ст
решал вопрос
это делал Ла
системе регу
центрального
стема враща
ром вовсе не
космическое
Мэдлера, р
раз на том
скопления
залась как
дение — слу
жения звезд
какой-либо
может и н
Эта ги
со стороны
едливо у
на анализ
многих з
были изв
обрела и

мические же работы Струве не получили широкого распространения, а открытие поглощения света было в астрономической литературе расценено только как выдвижение гипотезы. В дальнейшем это открытие вообще было забыто. Лишь в 1930 г., когда был собран обширный наблюдательный материал, существование космического поглощения было установлено окончательно.

6. М. А. Ковальский и идея вращения Галактики

Важное место в развитии звездной астрономии занимает исследование выдающегося русского астронома, ученика В. Я. Струве, профессора Казанского университета М. А. Ковальского (1821—1884).

Появление труда Ковальского в известной степени было связано с дискуссией, которая развернулась в середине века вокруг так называемой «гипотезы о центральном Солнце» астронома И. Мэдлера (1794—1874), преемника Струве по Дерптскому университету. Мэдлер решал вопрос о вращении звездной системы иначе, чем это делал Ламберт, полагавший, что движения звезд в системе регулируются силой притяжения массивного центрального Солнца. Мэдлер считал, что звездная система вращается вокруг центра масс всех звезд, в котором вовсе не обязательно должно находиться массивное космическое тело. Этот динамический центр, по мнению Мэдлера, расположен в звездном скоплении Плеяд, как раз на том месте, где находится самая яркая звезда скопления — Альциона. Таким образом Альциона оказалась как бы «центральным Солнцем». Но это совпадение — случайное. Динамический центр вследствие движения звезд может переместиться и оказаться около какой-либо другой звезды. Альциона же по своей массе может и не отличаться от других звезд.

Эта гипотеза Мэдлера подверглась резкой критике со стороны пулковского астронома Х. И. Петерса, справедливо указывавшего, что вывод Мэдлера основывался на анализе собственных движений в сущности очень немногих звезд, для которых эти движения в то время были известны. Однако на время гипотеза Мэдлера приобрела известную популярность как попытка по-новому

объяснить движение звезд в системе Млечного Пути. Ошибка, содержавшаяся в работах Мэдлера, была окончательно вскрыта в глубоком исследовании Ковальского «О законах собственного движения звезд каталога Бадделя», опубликованном в 1859 г.



Мариан Альбертович Ковальский (1821—1884).

В этом труде Ковальский разработал новые методы изучения звездной системы Млечного Пути и изложил результаты своих исследований ее строения и движений звезд в ней с помощью этих методов.

Ковальский пришел к выводу о вращении всей галактической системы, обусловленном сложными законо-

61
мерностями
сверхгига
опроверг
намическ
разработ
обнаруже
метода тр
ниях бол
не было
здавал с
Звезды
которых
положени
(как уст
с размер
Выво
Реально
звездно
ландск
ряжени
движен
Труд К
душие
время
ния; в
учите
по со
тмен
изве
стан
и не
при
став
вити
раск
В 1
вод
по
кон
ван
в 1

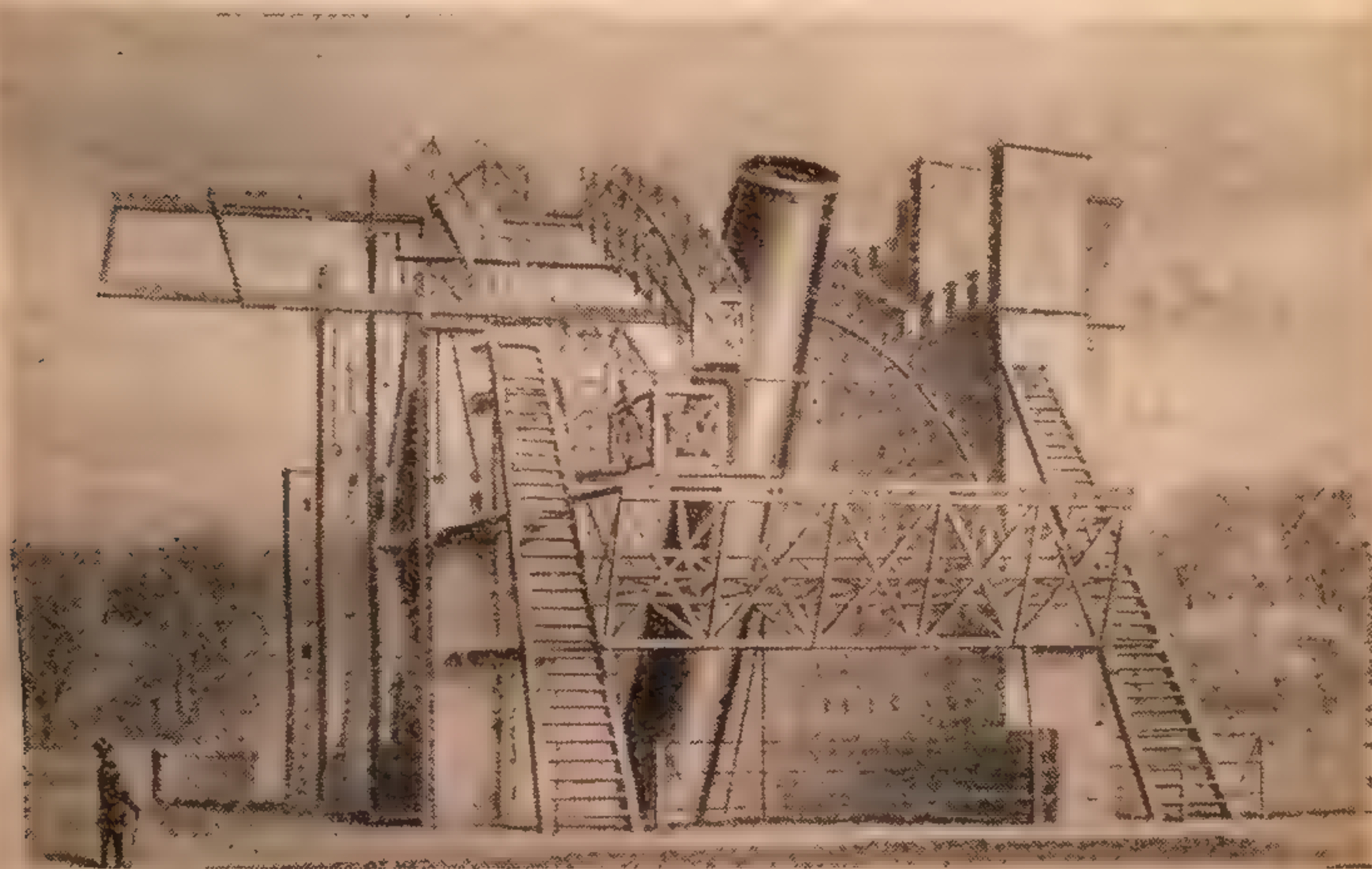
мерностями. Существование центрального Солнца с сверхгигантской массой он признал невозможным. Он опроверг также и мнение Мэдлера о расположении динамического центра в скоплении Плеяд. Ковальский разработал оригинальный математический метод для обнаружения вращения Галактики. Но применение этого метода требовало точных данных о собственных движениях большого числа звезд, а достаточного материала не было не только в то время, когда Ковальский создавал свой метод, но и много десятилетий позднее. Звезды же каталога Бадделя, собственные движения которых легли в основу исследования Ковальского, расположены внутри хотя и обширного пространства, но (как установил Ковальский) ничтожного по сравнению с размерами всей галактической системы.

Выводы Ковальского не скоро могли подтвердиться. Реальное вращение Галактики вокруг ее центрального звездного сгущения было окончательно установлено голландским ученым Я. Оортом в 1927 г., когда в распоряжении астрономов уже были достаточные данные о движениях звезд и о их расположении в пространстве. Труд Ковальского, в котором были предвосхищены будущие открытия и идеи о строении Галактики, в свое время не получил достаточно широкого распространения; в этом смысле Ковальский разделил судьбу своего учителя и предшественника Струве. Труды Ковальского по созданию теории движения Нептуна, по теории затмений и другие создали ему широкую и заслуженную известность, но его бесспорный приоритет в научной постановке вопроса о вращении Галактики был надолго и незаслуженно забыт, так же как был надолго забыт и приоритет Струве в создании основ современных представлений о строении галактической системы *).

*) Значение трудов В. Я. Струве и М. А. Ковальского в развитии представлений о строении Галактики было исчерпывающе раскрыто советскими историками науки уже в недавнее время. В 1953 г. «Этюды звездной астрономии» изданы в русском переводе. Несколько раньше, в 1951 г., изданы «Избранные работы по астрономии» М. А. Ковальского. В этом издании работа «О законах собственного движения звезд каталога Бадделя», опубликованная в свое время на французском языке, впервые напечатана в русском переводе.

7. Идея множественности звездных систем; открытия Парсонса

Таким образом, не подлежит сомнению, что эпоха от конца XVIII в. до 60-х гг. XIX в. составляет важный, отмеченный многими достижениями, этап в развитии звездной астрономии. В эту эпоху было чрезвычайно



Телескоп В. Парсонса.

много сделано для накопления фактических знаний о звездах, об их видимом блеске, об их движениях в пространстве. Этих материалов было еще далеко не достаточно для решения вопроса об устройстве видимой части вселенной. Тем не менее, именно в эти годы выдающиеся астрономы — В. Гершель, В. Я. Струве, М. А. Ковальский и другие — обосновали и развили передовые идеи о строении звездной системы, рядовым членом которой является Солнце. Многие из этих идей, в силу своей оригинальности и новизны, в силу того, что они значительно отличались от привычных представлений того времени, не получили общего признания. Но в своих основных чертах эти идеи были подтверж-

дены в
ния, о
открыт
звезд,
первой
В э
Ламбер
неразл
но чре
ных М
ных эл
шей»
полови
крытий
нии во
Млечн
тересн
роном
К
телес
позад
нового
метр
лял 1
ным
устан
торь
теле
был
ного
ной
неко
звезд
хар
тве
гра
что
тум
ра
ры

дены в дальнейшем развитии науки, когда исследования, основанные на новых астрофизических методах, открыли возможность познания физической природы звезд, о чем даже не могли мечтать передовые ученые первой половины XIX в.

В эту эпоху сохранялось высказанное Кантом и Ламбертом и развитое В. Гершелем представление о неразложимых на звезды туманностях как о гигантских, но чрезвычайно удаленных звездных системах, подобных Млечному Пути. Но основные усилия лучших ученых эпохи были направлены на уяснение строения «нашей» звездной системы — Млечного Пути. В первой половине XIX в. не было сделано каких-либо новых открытий, подтверждавших предположение о существовании во вселенной иных звездных систем, кроме системы Млечного Пути. Только в конце этого полувека интересные открытия сделал выдающийся ирландский астроном В. Парсонс (лорд Росс, 1800—1867).

К 1845 г. Парсонс закончил сооружение гигантского телескопа-рефлектора, по мощности далеко оставившего позади крупнейший из телескопов В. Гершеля. Зеркало нового телескопа имело диаметр, равный 183 см (диаметр зеркала крупнейшего рефлектора Гершеля составлял 122 см). Этот инструмент Парсонс использовал главным образом для наблюдений туманностей. Ему удалось установить звездное строение многих туманностей, которые представлялись сплошными при наблюдениях в телескоп Гершеля. В отношении этих туманностей можно было допустить, что они принадлежат к системе Млечного Пути, хотя, может быть и находятся на его отдаленной периферии. Вместе с тем Парсонс обнаружил, что некоторые туманности, не разлагавшиеся на отдельные звезды, даже при наблюдениях в его телескоп, имеют характерную спиральную форму. Это открытие подтвердилось позднее, когда были получены первые фотографии туманностей.

Некоторые исследователи того времени полагали, что спиральные объекты — это первичные лапласовские туманности, а их спиральные ветви отражают ту стадию развития, когда начинается образование колец, из которых со временем образуются планеты. Однако другие

исследователи, включая и самого Парсонса, склонялись к мнению, что туманности, неразложимые на звезды, и в числе их спиральные туманности, являются самостоятельными звездными системами, расположенными далеко за пределами Млечного Пути. Вопрос о природе спиральных туманностей впоследствии стал узловым



Александр Гумбольдт (1769—1859).

вопросом в проблеме строения вселенной, но его решение оказалось возможным только в XX в. и то далеко не в самом его начале. Открытия Парсонса были важной вехой в изучении далеких туманностей, а вместе с тем и вехой в укреплении идеи множественности звездных систем. Пропагандистом этой идеи в конце первой половины XIX в. был выдающийся немецкий естествоиспытатель-энциклопедист А. Гумбольдт (1769—1859), автор капитального труда «Космос», один из томов которого был посвящен достижениям науки о

вселенной. «Космос» был переведен на многие языки, в том числе и на русский. Этот труд, в частности его астрономический том, пользовался широким распространением в России.

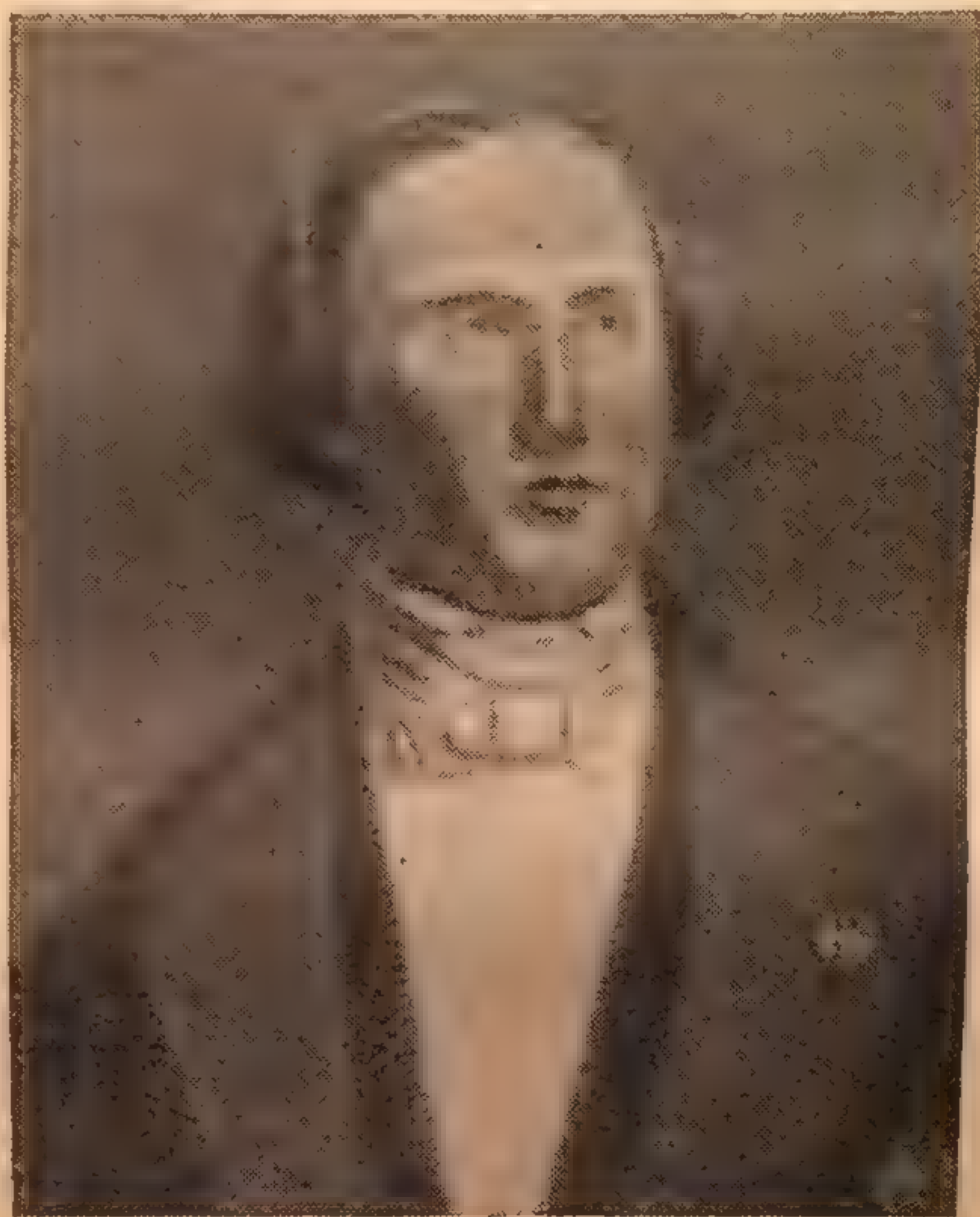
Конец первой половины XIX в. в истории науки отмечен также важнейшим событием, не связанным непосредственно с развитием звездной астрономии, но имеющим крупнейшее значение в развитии математических методов изучения природы. Как известно, открытие Урана в 1781 г. расширило ранее известные пределы солнечной системы. Уже очень скоро в его движении

были подмечены возмущения, которые не могли быть объяснены притяжением Юпитера и Сатурна, а тем более других планет, имеющих значительно меньшую массу и обращающихся далеко от орбиты Урана. Исследовав характер этих возмущений, А. И. Лексель высказал предположение, что они обусловлены притяжением неизвестной и еще более

далекой планеты. Последующие наблюдения в течение первых десятилетий XIX в. подтвердили систематический характер отклонений в движении Урана, а тем самым и правдоподобность предположения Лекселя. Таким образом, возникла задача, никогда еще не ставившаяся в небесной механике: по наблюдаемым крайне незначительным неправильностям в движении Урана определить местонахождение неизвестной планеты, т. е. найти ее на основании только матема-

тических расчетов. За решение этой задачи одновременно взялись английский ученый Дж. Адамс (1819—1892) и французский ученый У. Леверье (1811—1877). Адамсу раньше (в 1845 г.) удалось достигнуть решения задачи, но результаты его работ не были своевременно использованы для наблюдений. По данным же Леверье, решившего задачу несколько позже, Нептун в 1846 г. был без труда обнаружен на небе.

Открытие Нептуна было триумфом точного естествознания, а вместе с тем и прямым доказательством истинности закона тяготения Ньютона, справедливость



Урбен Леверье (1811—1877).

которого была уже эмпирически установлена не только для солнечной системы, но и для систем двойных и кратных звезд. Успехи наблюдательной астрономии, достигнутые к середине XIX в., также были чрезвычайно велики. Это относится, в частности, к увеличению проникающей силы инструментов. Вершиной успехов в этом отношении было создание гигантского рефлектора В. Парсонса.

Развитие астрономии, в частности небесной механики и астрометрии, привело к крупным достижениям в деле изучения формы, движений и расстояний небесных тел. Но этого было недостаточно для решения, хотя бы и в самых общих чертах, одной из основных проблем науки о вселенной — проблемы строения и развития небесных тел и их систем. Для более или менее полного решения этой проблемы необходимо было знать не только законы механического движения небесных светил, но и их физическую природу. Наука XVIII и первой половины XIX вв. не могла еще выработать точные методы для уяснения физических явлений и процессов, происходящих в глубинах вселенной. Только во второй половине XIX в. начала складываться новая область науки — астрофизика, открывшая еще невиданные до этого возможности научного познания вселенной.

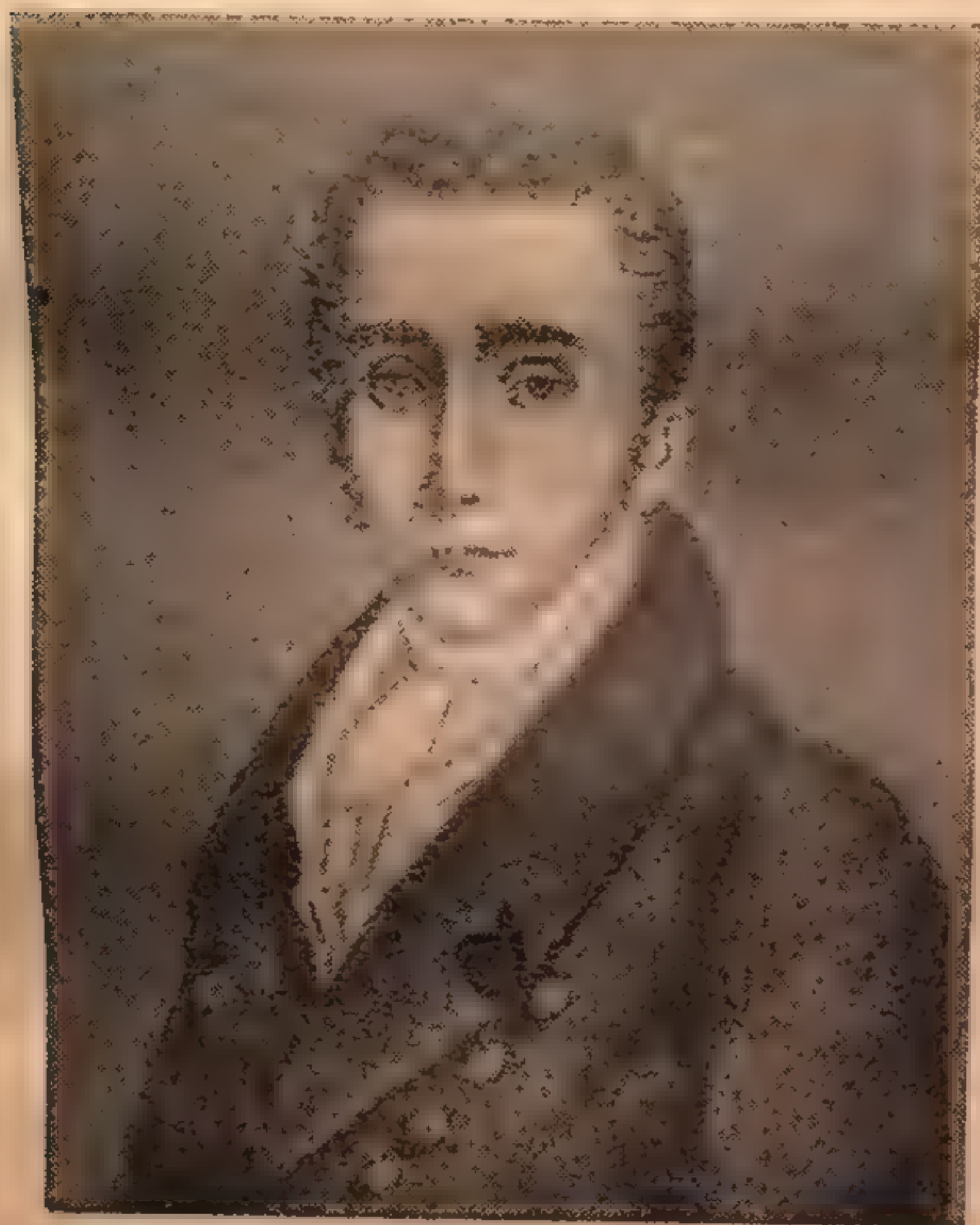
VI. БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА В КОСМОЛОГИИ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XIX в.

1. Открытие спектрального анализа; начало развития астрофизики

Начало второй половины XIX в. отмечено важными событиями в развитии астрономии: наука о вселенной обогатилась новыми методами изучения природы, основанными на достижениях смежных наук — физики и химии. Эти методы — спектральный анализ и фотография — наряду с развивающейся фотометрией составили основу астрофизики, новой отрасли астрономии, быстро приобретающей все более и более важное значение в познании мирового пространства во все расширяющихся пределах.

Создание спектрального анализа (как и фотографии) было подготовлено предшествующим развитием науки. Разложение солнечного луча при прохождении его через призму, произведенное в свое время Ньютоном, было первым шагом на пути, который почти через два века привел к открытию спектрального анализа. Непосредственным приближением к этому открытию было обнаружение Фраунгофером множества темных линий в спектре Солнца. В 1859 г. немецким ученым Г. Р. Кирхгофу (1824—1887) и Р. В. Бунзену (1811—1899) удалось установить основной закон, регулирующий появление темных и светлых линий в спектрах раскаленных веществ. Законы, установленные для светящихся веществ на Земле, можно было применить и к излучению Солнца, звезд и других небесных тел. Природа светового излучения была более полно раскрыта в квантовой теории света, созданной в XX в. Но уже во второй

половине XIX в. удалось разработать первую классификацию звездных спектров, отразившую многообразие небесных тел, являющихся источниками излучения. Тогда же были подмечены и общие черты, характеризующие спектры звезд в отличие от спектров газовых туманностей и других небесных тел.



Иосиф Фраунгофер (1787—1826).

Возникает вопрос: чем объясняется это разнообразие звездных спектров? Не является ли оно следствием только различия в химическом составе звезд? В этом случае, исследовав линии, наблюдаемые в спектре той или иной звезды, и определив их интенсивность, можно было бы установить, какие элементы входят в состав данной звезды, выяснить их относительное обилие. Однако при таком допущении очень трудно объяснить тот факт, что спектры звезд образуют непрерывную последовательность, в которой соседние по характерным признакам спектры мало отличаются друг от друга, в то время как вся совокупность спектров чрезвычайно разнообразна. Если бы звезды различались только по химическому составу, то при возможности самых разнообразных соотношений содержания химических элементов в каждой звезде непрерывная последовательность была бы немыслима.

Несколько позже было установлено, что вид спектра всякого вещества зависит от температуры этого вещества: оказалось, что с повышением температуры некоторые спектральные линии исчезают, вместо них появ-

ляются другие
вопрос: не я
тором, кото
вания ряда
вопрос. Вся
разделена н
характеризу
которыми
признаками
в них спек
вая такая
кация был
жена ит
астрофизик
ки (1818-
1863 г. В
она уточн
доизменя
основе в
ральных
ций лежа
температу
В све
ных пре
природе
лучения
разован
линий
звезд п
гораздо
ным, че
после о
сущест
определ
турой
магнит
чинами
Та
ным в
всех
ности

ляются другие. В связи с этим открытием возник новый вопрос: не является ли температура тем основным фактором, который определяет вид спектра звезд? Исследования ряда ученых дали положительный ответ на этот вопрос. Вся последовательность звездных спектров была разделена на классы, характеризующиеся некоторыми сходными признаками входящих в них спектров. Первая такая классификация была предложена итальянским астрофизиком А. Секки (1818—1878) в 1863 г. Впоследствии она уточнялась и видоизменялась. Но в основе всех спектральных классификаций лежат различия в температурах звезд.

В свете современных представлений о природе светового излучения процесс образования различных линий в спектрах звезд представляется



Густав Роберт Кирхгоф (1824—1887).

гораздо более сложным, чем это можно было думать в первые десятилетия после открытия спектрального анализа. Оказалось, что существование и вид тех или иных спектральных линий определяется не только химическим составом и температурой звезды, но и массой звезды, наличием у нее магнитных и электрических полей и другими причинами.

Таким образом, изучая спектры звезд, стало возможным выяснить их химический состав (он оказался для всех звезд примерно одинаковым), температуры, плотности; наблюдая спектральные линии, можно обнару-

жить вращение звезды, ее движение по лучу зрения и многое другое. В этом заключается особое значение спектрального анализа в исследовании природы звезд и небесных тел вообще.

Уже первые спектральные исследования привели к бесспорному выводу, что и Солнце и звезды состоят из тех же химических элементов, которые известны на Земле. Оказалось, что небесные светила содержат железо, натрий, кальций, водород, кислород, углерод, хотя, как выяснилось позднее, в количественных пропорциях, отличных от земных. Правда, были обнаружены в спектре Солнца линии, принадлежащие элементу, неизвестному на Земле (этот элемент был назван гелием), но позже он был обнаружен и на нашей планете.

Итак, если успехи небесной механики привели к выводу о всеобщности закона тяготения, одинаково действующего и на Земле, и в солнечной системе, и в системах далеких звезд, то уже первые достижения спектрального анализа подтвердили единство химического состава Земли, Солнца и других небесных тел.

Хотя открытие спектрального анализа и было подготовлено предшествующим развитием физики, оно явилось неожиданностью для философов, утверждавших ограниченность возможностей человеческого познания.

В 40-х и 50-х гг. прошлого века значительное распространение получил позитивизм — философское течение, утверждавшее опыт как источник знания о природе, но в то же время отрицавшее объективный характер законов природы, а тем самым и объективное значение данных опыта.

Даже в 1856 г., всего за три года до открытия спектрального анализа, основоположник позитивизма, французский философ О. Конт (1798—1857) утверждал, что химический состав небесных тел навсегда останется непознаваемым. Первые опыты применения спектрального анализа к изучению Солнца и звезд полностью опровергли утверждение Конта.

За четверть века до открытия спектрального анализа была изобретена фотография, и уже очень скоро были предприняты первые попытки фотографирования небес-

ных объектов, в течение многих годов уже были еще кра-
ды. Но техни-
были еще кра-
вершенствова-
со спектраль-
ных методов
фии сделала
ной. Сравнен-
неба, одних
разное врем-
шие в эти
изменений
точности.

Звезды п-
скоростями,
в секунду. И
для измере-
пластинках
витие мето-
фотографич-
превратило
ния вселен-

С начал-
вершенство-
т. е. созда-
частности,
ние неба
большого
ка были
стей нуж-
рения.

Посте-
менных
происход-
блеска з-
ральным
дач астр-
Перв-
которые
с их по-

ных объектов, в частности Луны и Солнца. В пятидесяти годах уже фотографировались наиболее яркие звезды. Но технические возможности фотографии в то время были еще крайне ограничены. Только по мере их усовершенствования, начиная с 60-х гг., фотография, наряду со спектральным анализом, становится одним из основных методов астрофизики. Документальность фотографии сделала ее важным орудием исследования вселенной. Сравнивая фотоснимки одних и тех же участков неба, одних и тех же небесных объектов, сделанные в разное время, можно подметить изменения, происшедшие в этих объектах. Конечно, исследования этих изменений связаны с измерениями исключительной точности.

Звезды перемещаются в пространстве с огромными скоростями, достигающими нескольких сотен километров в секунду. Но расстояния до звезд настолько велики, что для измерения перемещений звезд на фотографических пластинках нужны точные измерительные приборы. Развитие методики таких измерений, усовершенствование фотографической и измерительной техники постепенно превратило фотографию в точнейший метод исследования вселенной.

С началом развития астрофизики было связано и совершенствование методов изучения блеска небесных тел, т. е. создание точной фотометрии. Это было важно, в частности, и для исследования переменных звезд. Изучение неба приводило к открытию изменений блеска у все большего числа звезд. У многих из них изменения блеска были неправильными, и для выяснения их особенностей нужны были весьма точные фотометрические измерения.

Постепенно выяснилось, что изменения блеска переменных звезд обусловлены физическими процессами, происходящими в них. С семидесятых годов изучение блеска звезд с помощью фотометров, наряду со спектральными исследованиями, стало одной из основных задач астрофизики.

Первые успехи астрофизики позволили разрешить некоторые вопросы, связанные с природой туманностей и с их положением во вселенной.

2. Взгляды О. В. Струве на строение звездной вселенной

В 1861 г., после опубликования открытий В. Парсонса, но до того как были предприняты первые исследования спектров туманностей, вопрос об их роли в мироздании рассмотрел русский астроном О. В. Струве (1819—1905), занимавший пост директора Пулковской обсерватории после ухода с этой должности его отца, В. Я. Струве, и также посвятивший свои основные труды исследованиям по звездной астрономии.

О. В. Струве, возможно, под влиянием исследований М. А. Ковальского, считал вполне обоснованным предположение, что «наша» звездная система представляет собой единое кинематическое целое без центрального (хотя бы и темного) тела. Установленные наблюдениями движение солнечной системы в направлении созвездия Геркулеса скорее всего не является прямолинейным движением. Солнце, как и другие звезды, движется под влиянием совместного притяжения тел, составляющих звездную систему, по криволинейной орбите. Границы звездной системы пока еще не достигнуты, а поэтому и ее внешние очертания остаются неизвестными.

Но является ли эта система единственной, или данные наблюдений подтверждают умозрительные заключения о существовании других равноправных и аналогично устроенных звездных систем? Отвечая на этот вопрос, О. В. Струве основывался на том, что не только В. Гершель но и В. Парсонс, обладавший еще более мощным телескопом, смогли разложить на звезды лишь небольшую часть исследованных ими туманностей *). Наблюдения же большинства туманностей не позволили обнаружить признаков их звездного строения. О. В. Струве считал, что туманности, не обнаруживающие звездной природы, бесспорно, являются облаками рассеянного вещества, служащего первичным материалом, из которого

*) Ко времени опубликования труда О. В. Струве было известно (включая и Южное полушарие неба) до 400 звездных скоплений (рассеянных и шаровых) и около 4000 туманностей различной формы (круглых, спиральных, эллиптических, неправильных)

формируются звезды и, может быть, целые скопления звезд. Поскольку звездные скопления, имеющие неправильные очертания, располагаются либо в главной плоскости Млечного Пути, либо вблизи этой плоскости, Струве считал их «частными» системами внутри большой системы. Шаровые скопления, правда, располагаются в стороне от главной плоскости, и это, наряду с их сферической формой, как будто дает некоторые основания считать их отдельными, изолированными системами. Но количество звезд в шаровых системах, нередко достигающее многих тысяч и даже десятков тысяч, совершенно ничтожно по сравнению с количеством звезд, составляющих систему Млечного Пути. Поэтому шаровые звездные скопления, по мнению О. В. Струве, можно считать чем-то вроде «островов», но никак не «материками» вселенной, такими, каким является система Млечного Пути.

О. В. Струве пришел к выводу, что нет никаких данных о существовании звездных систем, равноправных «нашей» системе. Пространственная бесконечность вселенной, по его мнению, вполне согласуется с наличием в ней только одной звездной системы, огромной по своей протяженности. Существование же в этой системе многочисленных туманностей и разнообразие их форм он считал свидетельством в пользу правильности заключения Гершеля о том, что образование звезд из туманной материи во вселенной непрерывно продолжается и различные формы наблюдаемых в настоящее время туманностей отражают различные стадии этого продолжающегося процесса звездообразования.

Вывод О. В. Струве, таким образом, расходился не только с воззрениями Канта и Ламберта, но и с мнением В. Гершеля о множественности звездных систем. Струве считал, что его вывод является развитием взглядов, к которым Гершель пришел к концу своей жизни и деятельности, отказавшись от первоначального допущения о доступности всего Млечного Пути для его телескопа и признав большую распространенность туманной материи во вселенной. В действительности же дело обстояло совсем не так. Как уже было отмечено, Гершель к концу жизни радикально изменил свои представления о строении Млечного Пути и о распределении в нем звезд. Он

признал, что многие туманности являются диффузными, но вместе с тем утверждал идею множественности звездных систем во вселенной.



Отто Васильевич Струве (1819—1905).

О. В. Струве, впрочем, не отрицал принципиальной возможности существования иных звездных систем. Он лишь считал, что все наблюдаемые явления, все много-

81
образе в
ния небес
ложения
Но и в

данных,
звездных
в смысле
«нашей» с
нома с ми
лались г
систем.

Однако
грессивны
важность
времени к
высказало
образова
образии с
особое в
ются в не
например
окруженн
ные как б
зал тверд
ствует не
дами и
окружаю

3. Пр

Сооб
видимы
очень с
первые
ные в
В. Хёгг
туманн
обычн
ной пр
дения

образе внешнего вида и пространственного распределения небесных тел находят объяснение в рамках предположения об одной гигантской звездной системе.

Но и в этой форме вывод О. В. Струве об отсутствии данных, свидетельствующих о существовании других звездных систем, позднее неоднократно истолковывался в смысле категорического утверждения единственности «нашей» системы. На авторитет О. В. Струве как астронома с мировым именем впоследствии неоднократно ссылались противники идеи множественности звездных систем.

Однако О. В. Струве высказал и ряд безусловно прогрессивных положений. В частности, Струве подчеркнул важность в значительной степени уже забытых к тому времени космогонических идей Гершеля и определенно высказался в пользу его мнения о продолжающемся образовании звезд из туманной материи. Говоря о разнообразии форм и структуры туманностей, Струве обратил особое внимание на те туманности, которые располагаются в непосредственной близости к звездам (такие, как, например, туманность в созвездии Ориона), и на звезды, окруженные туманными образованиями и расположенные как будто в центре этих образований. Струве высказал твердое убеждение, что в последнем случае существует непосредственная физическая связь между звездами и туманностями и что звезды эти возникли из окружающего их туманного вещества.

3. Проблема бесконечности вселенной. Ф. Энгельс и «Диалектика природы»

Соображения О. В. Струве о принадлежности всех видимых небесных объектов к единой звездной системе очень скоро перестали казаться убедительными. Уже первые исследования спектров туманностей, выполненные в 60-х гг., главным образом, английским ученым В. Хёггинсом (1824—1910), показали, что большое число туманностей имеет непрерывный спектр, аналогичный обычным спектрам звезд и свидетельствующий о звездной природе этих туманностей. Однако даже при наблюдениях в наиболее мощные телескопы эти туманности

не удавалось разрешить на отдельные звезды, из чего можно было заключить, что они находятся неизмеримо дальше, чем даже самые отдаленные звезды Млечного Пути, и являются самостоятельными звездными системами, в которых действительные светимости звезд и рас-



Вильям Хёггинс (1824—1910).

стояния между звездами не меньшие, чем в системе Млечного Пути.

Это была прогрессивная точка зрения, основанная на материалистическом понимании строения вселенной, на безусловном признании бесконечности вселенной, как пространственной, так и структурной, ее материальности и познаваемости. Не случайно, что и в XVIII и в XIX вв. именно эту точку зрения отстаивали выдающиеся ученые и реформаторы естествознания Кант и Ламберт, В. Гершель и В. Я. Струве. Однако и во второй половине XIX в. не прошло еще время для окончательного подтверждения идеи о множественности звездных систем во вселенной. Наблюдательные средства, хотя и представленные к концу века гигантскими и непревзойденными позднее рефракторами Пулковской, Ликской и Иерксской обсерваторий, оказывались, как и рефлекторы Гершеля и Парсонса, недостаточными для того, чтобы обнаружить границы звездной системы Млечного Пути и доказать существование других, подобных ей звездных систем, установив прямыми наблюдениями звездную природу туманностей с непре-

рывным
стояния
трудно
звездны
пятна и
сильней
Пути. Е
мере уд
оставля
звездно
Таким
Млечны
ной звез
что он п
В толко
торую с
щество
тел. В
ниченно
которы
от мате
ность
ность.
В к
нием
датски
полож
туман
тельны
Аррес
кой и
Ут
и отр
ных с
ности
систе
это б
рым,
ставл
Н
ду ст

рывным спектром. Пока границы Млечного Пути и расстояния до туманных пятен оставались неизвестными, трудно было возразить противникам множественности звездных систем, утверждавшим, что и эти туманные пятна и все другие небесные объекты, усматриваемые в сильнейшие телескопы, находятся в границах Млечного Пути. В то же время уменьшение количества звезд по мере удаления от главной плоскости Млечного Пути не оставляло сомнения в том, что, при всей громадности звездной системы Млечного Пути, размеры ее конечны. Таким образом, как будто напрашивался вывод, что Млечный Путь является единственной и притом конечной звездной системой во вселенной, или, иначе говоря, что он представляет собой всю материальную вселенную. В толковании О. В. Струве бесконечность вселенной, которую он безоговорочно признавал, совмещалась с существованием в ней только одной системы космических тел. В этом проявлялась непоследовательность и ограниченность философских взглядов О. В. Струве, согласно которым оказывалось возможным отрывать пространство от материи и признавать пространственную бесконечность вселенной, отвергая ее материальную бесконечность.

В конце 60-х и в начале 70-х гг. XIX в. исследованием распределения туманностей занимался крупный датский астроном Г. Л. Аррест (1822—1875). В противоположность О. В. Струве, он пришел к заключению, что туманности с непрерывным спектром являются самостоятельными звездными системами. Однако исследования Арреста не получили в свое время сколько-нибудь широкой известности.

Утверждение единственности нашей звездной системы и отрицание существования других аналогичных звездных систем неизбежно приводило к отрицанию бесконечности вселенной, к отождествлению «нашей» звездной системы со всей материальной вселенной. По существу, это была идеалистическая точка зрения, возврат к старым, давно уже отвергнутым передовой наукой представлениям о конечной вселенной.

На протяжении второй половины XIX в. борьба между сторонниками и противниками идеи множественности

звездных систем основывалась, главным образом, на различном научном истолковании данных наблюдений, хотя при этом бесспорно играло свою роль и мировоззрение исследователей. Но это еще не было в полной мере отражением борьбы материализма и идеализма в астрономии.

Иное положение сложилось к началу XX в., в обстановке наступившего кризиса естествознания. К этому времени, благодаря работам американского ученого Э. Килера (1857—1903) и других исследователей, был накоплен уже довольно обширный наблюдательный материал, касающийся спиральных туманностей, что способствовало оживлению дискуссии о природе этих небесных объектов и о их положении во вселенной. Теперь в этой дискуссии отчетливо проявлялась борьба двух мировоззрений: за разногласиями в трактовке результатов наблюдений стояли разногласия более общего философского характера.

Окончательное решение вопроса могло быть достигнуто только на основе таких фактов, которые наука того времени установить еще не могла. В частности, не были известны расстояния до спиральных и иных туманностей. Тригонометрический метод определения расстояний до небесных объектов применим только для сравнительно близких звезд, а другие методы, которые позволяют определять расстояния до гораздо более далеких небесных тел, еще не были созданы. Они возникли только в начале XX в. и сыграли выдающуюся роль в обосновании существования звездных систем, подобных системе Млечного Пути. При измерении скоростей движения туманностей по лучу зрения на основе применения принципа Доплера *) было обнаружено (во втором десяти-

*) Принцип Доплера — по имени впервые высказавшего его в 1842 г. австрийского физика Х. Доплера (1803—1853) — заключается в следующем. Если источник света (или каких-либо иных волн, например звуковых) движется относительно наблюдателя, то воспринимаемая наблюдателем длина волны по сравнению с излучаемой изменяется, причем она увеличивается в случае удаления источника и уменьшается в случае его приближения. Спектральные линии при этом смещаются в первом случае к красному концу спектра, а во втором — к фиолетовому. Измеряя смещения линий по отношению к соответствующим линиям в спектрах земных объектов, можно определить скорость движения небесных светил вдоль луча зрения.

летию XX в.), что лучевые скорости туманностей со звездным спектром по крайней мере в десятки раз больше, чем лучевые скорости звезд и газовых туманностей.

Это явилось еще одним косвенным доказательством того, что туманности, обладающие звездным спектром, расположены за пределами «нашей» звездной системы. Окончательное подтверждение того, что такие туманности являются самостоятельными, внегалактическими*) звездными системами, было получено на рубеже первой и второй четверти XX в., когда непосредственно на фотографиях обнаружилось, что эти туманности состоят из отдельных звезд. Еще позднее оказалось возможным установить, что в состав этих туманностей входят, кроме звезд, также и газовые туманности, аналогичные тем, которые имеются в нашей Галактике.

Утверждение идеи о бесконечности звездной вселенной, высказывавшейся уже великими мыслителями далекого прошлого и обогащенной представлениями о структурной бесконечности вселенной,— было выдающимся достижением передовой мысли того времени, когда материализм развивался на основе механистических представлений и далеко еще не был свободен от метафизики и телеологии. В основу диалектического материализма, созданного К. Марксом и Ф. Энгельсом на рубеже первой и второй половины XIX в. и развитого ими в их последующих трудах, было положено представление о бесконечной материальной вселенной и о вечном круговороте материи в ней. В этом представлении, основанном на критическом анализе открытий, сделанных в естественных науках, уже не было места ни для метафизики, ни для телеологии. Не было места в нем и для искусственных построений, таких, как бесконечное пространство, лишенное материи, и Млечный Путь, являющийся единственным материальным островом в бесконечном океане пространства, в котором нет никакой иной материи.

*) От греческого галактос — молоко; в переносном смысле — Млечный Путь. Слово «Галактика» (с прописной буквы) употребляется как имя собственное по отношению к нашей звездной системе; галактиками (со строчной буквы), или внегалактическими туманностями, называют звездные системы, подобные и равноправные «нашей» звездной системе.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» уделил значительное внимание концепции островных вселенных и признал нашу звездную систему одним из таких «мировых островов», а не единственным материком во вселенной. В этой концепции Энгельс видел единственно правильную основу понимания действительного строения вселенной. Энгельс отмечал несовершенство имеющихся средств и предпосылок для наблюдений и неуверенность и противоречивость имеющихся оценок размеров системы Млечного Пути и количества звезд в ней, а также и общей массы системы. Однако он видел подтверждение концепции островных вселенных в расчетах Гершеля, Мэдлера и некоторых других ученых, приводивших к выводу, что размеры неразложимых на звезды туманностей — мировых островов — составляют тысячи, а расстояния до них миллионы световых лет.

Развивая положение о вечном круговороте материи в бесконечной вселенной, Энгельс отмечал, что при всей бесспорности этого положения его эмпирическое подтверждение еще недостаточно, и причина этого заключается в том, что отрасли науки, изучающие материальную вселенную, возникли недавно. Одна из таких отраслей науки — звездная астрономия — к тому времени насчитывала только один век существования, считая с первых звездно-статистических работ В. Гершеля. Скромные достижения звездной астрономии при их правильном истолковании как будто подтверждали выводы материалистической космологии о пространственной, материальной, структурной бесконечности вселенной, о ее вечном развитии во времени, но до окончательного доказательства истинности этих выводов было еще далеко. Больше того, наступивший вскоре общий кризис естествознания отрицательно сказался на развитии космологических представлений.

VII. КРИЗИС ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В КОНЦЕ XIX И В НАЧАЛЕ XX вв. И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В АСТРОНОМИИ

1. Борьба материализма и идеализма в науке нового времени

Особенностью нового естествознания, неуклонно развивавшегося в XVII—XIX вв., была его материалистическая направленность. В основе быстрого развития наук о природе, и в первую очередь астрономии, было убеждение в объективном, независимом от человеческого сознания, существовании внешнего мира, т. е. природы, в объективном характере человеческого познания. Это убеждение вытекало не только из достижений великих ученых-естествоиспытателей, открытия которых непрерывно расширяли границы познания, но и из трудов передовых философов — Бэкона, Декарта, Локка, французских материалистов, отстаивавших значение наблюдения, опыта, теоретических обобщений в раскрытии подлинной сущности явлений природы.

Однако материалистическое направление в философии нового времени было не единственным. В XVII в. и в первой половине XVIII в. в новых формах получило распространение другое, идеалистическое направление, которое также оказывало влияние на толкование достижений естествознания. Это идеалистическое направление отрицало реальность существования природы, материальной вселенной, отрицало объективность ее законов. В первой половине XVIII в. английский философ Беркли (1684—1753) утверждал, что внешний мир, природа, вселенная — это только продукт человеческих ощущений, а не объективная реальность. Реальными он считал

только ощущения. Согласно его представлениям внешний мир объективно не существует, следовательно, ничего нельзя говорить и о существовании материи. Таким образом, он допускал реальное существование только сознания, ощущений, лишенных всякой объективной материальной основы.

Это учение, отражавшее наиболее реакционное, наиболее враждебное науке философское направление, в свое время, когда капитализм был восходящей и прогрессивной силой, не могло оказать сколько-нибудь заметного тормозящего влияния на развитие естествознания. Но в обстановке, сложившейся в конце XIX и в начале XX вв., в условиях идейного кризиса капитализма, идеалистическое мировоззрение, идеалистическое толкование научных достижений в области изучения природы получили широкое распространение.

Достижения естествознания до конца XIX в. неизменно подтверждали представления об объективной реальности природы и ее законов, о безусловной возможности познания этих законов и их использования в интересах прогресса человечества. Классическая физика и механика Ньютона стали универсальной основой изучения явлений природы, выводы из теории Ньютона неизменно подтверждались опытом, наблюдениями, повседневной жизненной практикой. Ее триумфом было открытие Нептуна «на кончике пера» (т. е. путем теоретических расчетов), сделанное на основе закона всемирного тяготения. Астрономические открытия, совершавшиеся на протяжении XVII—XIX вв. с помощью постоянно улучшавшихся средств наблюдений, непрерывно расширяли границы познанной части вселенной. Передовые астрономы нового времени безусловно разделяли идеи о бесконечности вселенной и множественности звездных систем, несмотря на то, что средства наблюдений, даже при том относительном совершенстве, которого они достигли в XIX в., не позволили еще непосредственно подтвердить эти идеи. Более того, даже о строении «нашей» звездной системы Млечного Пути было известно еще очень мало.

Конечно, передовые естествоиспытатели XVII—XIX вв., а в их числе и наиболее выдающиеся астрономы, физи-

ки. ма
ских
Как
нейш
шую
мира
с де
ной и
смотр
непри
учная
тивны
лублен

По
новые
явном
бы, не
преры
собой
об огр
тона
меты
к Сол
иссле
ности
ко не
к отк
готен
коном
Солн
кую
схоро
чае
дейст
Мерк
Со
тяжен
в

ки, математики, далеко не всегда были в своих философских воззрениях последовательными материалистами. Как на заре нового естествознания, так и позднее крупнейшие его представители часто совмещали глубочайшую убежденность в материальности и познаваемости мира с метафизическим отрицанием развития природы, с деизмом, с попытками возродить учение о двойственной истине, примирить науку и религию. Однако, несмотря на непоследовательность (а иногда и прямые и непримиримые противоречия) во взглядах ученых, их научная деятельность, направленная на выяснение объективных закономерностей в природе, на расширение и углубление знаний о природе, определяла прогресс науки.

2. Кризис физики Ньютона. Лобачевский и новая геометрия

Положение резко изменилось к концу XIX в., когда новые открытия в области естествознания оказались в явном противоречии с давно сложившимися и, казалось бы, незыблемыми представлениями, вытекавшими из непрерывной цепи теснейшим образом связанных между собой прежних достижений науки. Выше уже говорилось об огромном значении закона всемирного тяготения Ньютона в развитии естествознания. Вычисление орбиты кометы Галлея и успешное предсказание ее возвращения к Солнцу, открытие Нептуна на основании теоретических исследований были прямыми доказательствами истинности и всеобщности закона всемирного тяготения. Однако некоторые точные исследования со временем привели к открытию явлений, не объяснимых в свете закона тяготения Ньютона. Не согласуется, в частности, с этим законом движение перигелия Меркурия — ближайшей к Солнцу планеты (перигелием называют наиболее близкую к Солнцу точку орбиты): наблюдения дают для скорости этого движения величину большую, чем получается из теории Ньютона, учитывающей возмущающее действие всех планет солнечной системы на движение Меркурия.

Созданная в III в. до н. э. геометрия Евклида на протяжении двух тысячелетий мыслилась как единственно

возможное математическое толкование свойств пространства. И в эпоху эллинизма, и на всем протяжении средневековья, и в новое время, когда уже наступил расцвет механистического естествознания, геометрией реального пространства считалась геометрия Евклида. Открытия Ньютона никак не поколебали эту единственность геометрии Евклида. Более того, одна важная черта сближала геометрию Евклида и физику Ньютона и делала их неотъемлемыми элементами одного и того же мировоззрения. Геометрия Евклида устанавливала свойства геометрических линий, плоскостей и фигур в пространстве вне зависимости от присутствия в нем материи. В мировоззрении Ньютона пространство также было толькоместищем материи и могло бы существовать и будучи совершенно пустым, лишенным всякой материи. Таким образом, пространство и материя оказывались оторванными одно от другого. И в физических воззрениях Ньютона, и в геометрии Евклида не заключалось никаких предположений о том, что свойства пустого, лишенного материи пространства могут быть в какой-то степени отличны от свойств пространства, заполненного материей — будь то отдельные материальные тела — звезды, туманности, разделенные пустотой, или непрерывная материальная среда, заполняющая с большей или меньшей плотностью все пространство. Представлялось, что материя не оказывает никакого воздействия на свойства пространства, в котором она находится или которое она заполняет, пространство же, вмещающее материю, находящуюся в том или ином состоянии, никак не влияет на физические и иные свойства материи.

Однако уже в первой половине XIX в. это, казавшееся бесспорным, положение было поставлено под сомнение. Основоположником новых представлений о свойствах пространства и их связи со свойствами материи был великий русский математик Н. И. Лобачевский (1792—1856).

Правда, и до Лобачевского высказывалось мнение, хотя и предположительное, что геометрия Евклида, все положения которой хорошо подтверждались жизненной практикой в земных и даже в космических масштабах, не является единственно возможным обобщением свойств

пространства. К этому мнению приближался выдающийся южнославянский ученый Р. И. Бошкович (1711—1787), который, впрочем, не высказал его в сколько-



Николай Иванович Лобачевский (1792—1856).

нибудь законченной форме. Однако именно Лобачевский впервые в истории науки не только указал на возможность существования геометрии, отличной от евклидовой, но и обосновал ее.

В основе идей Лобачевского лежали представления о природе пространства, противоположные положениям идеалистической философии Канта. В философской системе Канта пространство, как и время, было только субъективной формой восприятия внешнего мира, существующего независимо от человеческого сознания. Это представление о пространстве и времени, по Канту, является врожденным представлением, оно предшествует всякому опыту. Наоборот, Лобачевский утверждал, что пространство (а следовательно, и время) — это объективная реальность, познаваемая в опыте. Лобачевский считал, что основные положения геометрии являются не порождением человеческого ума, а понятиями, сложившимися в результате изучения внешнего мира, природы. В основе математических наук лежат не предвзятые истины, не врожденные идеи, а данные опыта. Из кантовских представлений об «априорности» пространства вытекало, что существующие и давно уже известные положения, обобщенные в свое время Евклидом, являются единственно возможными и незыблемыми. Лобачевский же выдвинул и обосновал положения, открывшие новую эпоху в развитии математики и математического исследования природы, согласно которым геометрия Евклида не является единственно возможной. Больше того, он создал такую геометрию, существенно отличающуюся в своих основных положениях от геометрии Евклида.

Согласно геометрическому учению Евклида, изложенному в его «Началах», в основе геометрии лежит группа исходных положений (аксиом), которые, как очевидные, принимаются без доказательства. В число этих положений входит и так называемый постулат (или аксиома) о параллельных линиях; утверждающий, что через точку, лежащую вне данной прямой, может быть проведена в одной плоскости с ней только одна параллельная ей прямая. На протяжении всей истории математики от Евклида и вплоть до XIX в. неоднократно отмечалось, что этот постулат не является «истиной самоочевидной», а сам требует доказательства. Но все попытки дать такое доказательство неизменно терпели неудачу.

Лобачевский впервые высказал мысль, что через точку, находящуюся вне прямой, можно в одной плоско-

сти с ней провести бесконечное множество прямых, не пересекающих данную прямую. Исходя из этого утверждения, противоречащего постулату геометрии Евклида, Лобачевский вывел ряд положений, составивших основу его новой геометрии, в которой свойства пространства во многом отличаются от свойств пространства Евклида.

Геометрия Лобачевского, как и созданная несколько позже неевклидова геометрия немецкого математика Б. Римана (1826—1866), не исключала геометрию Евклида, проверенную многовековым опытом. Не могло быть сомнений в применимости геометрии Евклида не только на Земле и в солнечной системе, но и во всем пространстве, доступном для наблюдений. В этих пределах никакими точными измерениями нельзя было бы обнаружить неточность евклидовых положений и подтвердить правильность хотя бы одного из положений геометрии Лобачевского, например того, согласно которому сумма внутренних углов треугольника отличается от суммы двух прямых углов. Лобачевский подсчитал, что для треугольника, стороны которого примерно равны радиусу земной орбиты, сумма внутренних углов будет отличаться от 180° на величину $0'',0000037$. Такая величина еще долго будет недоступна для измерений. Однако Лобачевский считал, что дальнейшее проникновение в просторы вселенной откроет возможность для опытной проверки и подтверждения новой геометрии в пространстве неизмеримо больших масштабов, чем то, которое было доступно наблюдениям в его время.

Полностью разделяя идею множественности звездных систем, Лобачевский подчеркивал, что пространство не только может быть продолжено неограниченно в воображении, но оно и реально бесконечно. Если туманности, едва усматриваемые в большие телескопы, являются космическими образованиями, подобными Млечному Пути, то они, следовательно, находятся на таких расстояниях, в сравнении с которыми расстояния даже до отдаленнейших из видимых звезд ничтожно малы. Но самым главным в геометрии Лобачевского является то, что она отражает свойства не отвлеченного пустого, лишеного материи, пространства, а пространства реального,

не отделимого от заполняющей его материи, познаваемого в опыте, в наблюдении.

Во второй половине XIX в. идеи Лобачевского и Римана получили признание. Таким образом, было установлено, что геометрия Евклида не может претендовать на универсальность, что в бесконечных просторах вселенной скорее всего правильна неевклидова геометрия, для которой геометрия Евклида является частным случаем, справедливым в ограниченной области пространства. Этим опровергалось и одно из основных положений философской системы Канта, утверждавшее, что пространство (и время) не имеет объективного существования и является только формой восприятия внешней действительности, раз и навсегда заданной в виде аксиом и теорем евклидовой геометрии. Этим разрушалось и установившееся представление о свойствах пространства. Оказывалось, что свойства реального, физического пространства неизмеримо сложнее, чем это представлялось раньше, когда геометрия Евклида считалась единственно возможной.

Наука конца XIX и начала XX вв. неизбежно должна была столкнуться с вопиющим противоречием между материалистическим пониманием бесконечного пространства вселенной как объективной реальности, полностью согласующимся с представлениями о бесконечной звездной вселенной, и метафизическим методом познания, рассматривающим пространство как форму восприятия или как простое «вместилище материи», что оказывалось в согласии с привычными представлениями механистического естествознания. Успехи математики подрывали метафизическое представление о пространстве.

С весьма сложными загадками естествознание конца XIX в. столкнулось в области физики, точнее, в области учения о строении материи. Успехи физики XIX в. подрывали веками сложившееся традиционное представление о материи, в корне изменили взгляды на ее строение. Как античный материализм, так и естественнонаучный материализм нового времени исходили из признания неделимости и непроницаемости атомов, которые рассматривались как мельчайшие частицы материи. Классическая физика и химия в свою очередь утверждали постоянство

массы тел и неизменяемость химических элементов. Именно эти, казалось, вечные и незыблемые истины и были опровергнуты на рубеже XIX и XX вв. Открытие рентгеновских лучей и явлений радиоактивности, дальнейшее исследование этих явлений, приведшее к установлению изменяемости и превращения элементов, открытие существования электронов, являющихся составной частью всех атомов,— все это не могло получить объяснения в свете представлений механистического материализма. Более того, новые открытия противоречили этим представлениям, разрушали традиционные воззрения на природу материи.

3. «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленина и его роль в преодолении кризиса естествознания

Правильная философская оценка новых открытий могла быть дана только с позиций диалектического материализма, подходившего к вопросу о природе материи неизмеримо глубже, чем материализм метафизический, и утверждавшего объективную диалектику в самой природе, в ее непрерывном развитии и неразрывном единстве материи и движения. Однако подавляющее большинство естествоиспытателей конца XIX и начала XX вв., в том числе и те из них, которые в науке выступали как прогрессивные реформаторы естествознания, не были знакомы с диалектическим материализмом и поэтому бессилие механистического материализма в истолковании новых открытий склонны были рассматривать как бессилие материализма вообще. Вслед за признанными сторонниками идеалистической философии многие ученые стали считать, что материализм является отжившим учением. В то же время участились попытки идеалистического толкования новых научных достижений с позиций не только объективного, но и, в особенности, субъективного идеализма, отрицавшего существование внешнего мира, независимого от человеческого сознания.

Новое течение в субъективно-идеалистической философии, основанное немецким философом Р. Авенариусом (1843—1896) и австрийским физиком Э. Махом (1838—1916) и получившее наименование «эмпириокритицизма»,

исходило из отрицания объективного существования внешнего мира, материи и объясняло все субъективными ощущениями. Внешний мир оказывался порождением человеческого сознания и, по определению Маха, только «комплексом ощущений». По существу, это было возвратом к субъективно-идеалистической философии Беркли. В этой реакционной философии новые открытия в области физики толковались как подтверждение полного краха материализма, а радикальное изменение основных физических представлений рассматривалось как доказательство необъективного характера человеческого знания.

Влияние философии Маха — Авенариуса, а также несколько обновленной кантианской философии (неокантианство) распространилось на довольно широкие круги естествоиспытателей и захватило многих выдающихся ученых. Наряду с кантианством и эмпириокритицизмом получили известность и некоторые другие идеалистические теории, также пытавшиеся истолковать новые открытия в духе отрицания материи, — например, энергетическая теория немецкого ученого В. Оствальда (1853—1932), допускавшая существование движения без материи. Таким образом, многие выдающиеся представители точного естествознания, принимавшие творческое участие в ломке старых и в создании новых физических представлений, в области философии оказались в плену идеалистических и агностических взглядов. Бурное развитие физики, связанное с началом создания современных представлений о строении материи, сопровождалось идейным кризисом, отходом многих ученых-естествоиспытателей с позиций стихийного материализма на антинаучные позиции философского идеализма и агностицизма в их различных формах.

Исчерпывающий анализ причин и существа этого кризиса дал в 1908 г. В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм». В. И. Ленин вскрыл несостоятельность и реакционность философии эмпириокритицизма, показав, что это учение по существу ничем не отличается от учения Беркли и его прямых последователей, и развил основные положения теории познания диалектического материализма, утверждающей, что процесс чело-

веческого познания бесконечен и что это познание правильно отражает закономерности материальной вселенной, существующие в ней самой, а не являющиеся произвольным порождением человеческого ума.

В. И. Ленин показал, что новые открытия в физике являются блестящим подтверждением диалектического характера человеческого познания, а вместе с тем и основных положений диалектического материализма. Не «материя исчезла», а исчезли, оказались устарелыми прежние представления о материи. Открытие электрона показало сложность строения атома, но и электрон по своей природе столь же неисчерпаем, как и атом. В этом ленинском положении заключалось не только предвидение будущих физических открытий, но и подтверждение безграничности познания: в природе нет непознаваемого, а есть непознанное в настоящем, но оно будет познано в ходе дальнейшего развития науки. Физические теории, как и всякие научные теории, проверенные опытом, наблюдением, жизненной практикой,— это не условные схемы явлений, создаваемые по произволу сознания, а объяснение реальных закономерностей природы, приближение к абсолютному знанию.

4. Кризис в космологических воззрениях

Идейный кризис охватил не только физику, но и другие отрасли естествознания, где процесс расширения и углубления знаний о природе тоже протекал быстро и также сопровождался тенденцией к идеалистическому истолкованию новых открытий. Так, например, в биологических науках это проявилось в отходе ряда ученых с позиций дарвинизма, в создании различных антидарвинистских теорий эволюции органического мира. В астрономии кризис особенно проявился в широком распространении идеалистического представления о единственности нашей звездной системы во вселенной, а отсюда и о конечности вселенной.

Как уже было отмечено, введение в астрономическую практику астрофизических методов исследования создало предпосылки для дальнейшего развития звездной астрономии. Материалы для звездно-астрономических

работ накапливались благодаря систематическому изучению физических особенностей небесных тел — блеска звезд и его изменений (у переменных звезд), их температуры, спектральных классов, лучевых скоростей, химического состава, а также пространственного расположения звезд, звездных скоплений и туманностей. Точные астрономические измерения значительно расширили знания о расстояниях и о собственных движениях звезд. Таким образом, к концу века были достигнуты крупные успехи в накоплении фактических знаний о Млечном Пути, и вновь мог быть поставлен вопрос о выяснении формы и размеров Галактики, особенностей ее строения.

И, действительно, начиная с 90-х гг., этот вопрос привлек к себе внимание многих исследователей. В частности, были выдвинуты гипотезы, имевшие большое значение и в развитии взглядов на строение звездной системы. К их числу относится предположение русского астронома В. В. Стратонова, что Млечный Путь состоит из отдельных звездных облаков; тогда же английским астрономом Истоном была впервые высказана идея о спиральной форме Галактики. Что же касается вопроса о месте Галактики во вселенной и о существовании других звездных систем, то он обсуждался на протяжении всей второй половины XIX в.

Однако специальных трудов, посвященных космологическим проблемам, подобных трудам Канта или Ламберта, в эту эпоху не появлялось. Свои космологические взгляды отдельные ученые, и в числе их некоторые выдающиеся астрономы, высказывали в публичных выступлениях, в популярных работах, но, как правило, лишь в общих чертах и далеко не всегда с достаточным обоснованием. По этим высказываниям можно заключить, что идея «островных вселенных»; которую еще в конце третьей четверти века утверждал Аррест, в конце XIX и в начале XX вв. имела гораздо меньше сторонников. Ее поддерживали известный немецкий астрофизик Ю. Шейнер (1858—1913) и английский астроном В. Маундер (1851—1928). Интересно, что Шейнер свое суждение основывал на детальном изучении спектра туманности Андромеды. Суждения о единственности нашей звездной системы высказывались чаще. При этом в качестве довода в

пользу такого суждения использовался тот факт, что туманности с непрерывным спектром отсутствуют вблизи главной плоскости Млечного Пути: если бы они были самостоятельными звездными системами, они, очевидно, должны бы были располагаться по всему небу. Как было установлено позже, вблизи главной плоскости Млечного Пути внегалактические туманности не видны из-за сильного поглощения света в слое темной материи, расположенном как раз вблизи этой плоскости.

В 1883 г. русский популяризатор астрономии А. Д. Путята опубликовал книгу «Кантовские и антикантовские идеи о звездных системах», в которой он, основываясь на авторитете О. В. Струве и пользуясь при этом не только научными, но и теологическими аргументами, пытался показать, что нет данных считать какие-либо космические объекты находящимися вне пределов Млечного Пути. Но в то время как О. В. Струве утверждал бесконечность вселенной, считая, однако, возможным существование в бесконечном космическом пространстве только одной звездной системы, Путята выступал уже с прямым утверждением пространственной конечности вселенной. Иначе говоря, неизвестные еще границы Млечного Пути Путята рассматривал как границы вселенной вообще.

А между тем в конце XIX и в начале XX вв. на основе астрофизических наблюдений были накоплены веские доводы в пользу признания по крайней мере спиральных туманностей самостоятельными звездными системами.

В частности, об этом свидетельствовало появление новых звезд в туманности Андромеды — единственной спиральной туманности, видной даже невооруженным глазом. В 1885 г. в туманности Андромеды наблюдалась новая звезда, которая в момент наибольшего блеска достигла 8-й видимой звездной величины *). В свое время

*) Эта новая звезда, как и другие, позднее наблюдавшиеся в ряде внегалактических туманностей, не была, однако, обычной новой, подобной тем, которые время от времени вспыхивают в нашей Галактике. Обычные новые звезды (светимость которых в максимуме превышает в десятки тысяч раз светимость Солнца) не могли бы быть замечены на расстоянии в сотни тысяч и в миллио-

эта звезда не привлекла особого внимания наблюдателей, так как ее сочли объектом, принадлежащим нашей звездной системе и лишь случайно проецирующимся на туманность Андромеды. Но в дальнейшем, особенно после 1912 г., новые звезды были замечены и в других спиральных туманностях. Ряд новых звезд был открыт в той же туманности Андромеды. Наблюдения их давали уже веское основание считать, что новые вспыхивают в самих внегалактических туманностях. Это послужило еще одним веским доводом в пользу предположения о звездной природе туманностей, имеющих непрерывный, звездный спектр.

Систематическое изучение туманностей, расположенных вне главной плоскости Млечного Пути, предпринял в конце 90-х гг. Э. Килер. Ему удалось открыть огромное количество новых туманностей, ранее не известных. Общее число туманностей, усматривавшихся в его телескоп (не являвшийся гигантским инструментом, но обладавший исключительно высокими оптическими качествами), определялось многими десятками тысяч, причем спиральная форма оказалась характерной для большинства из них. Исследования Килера явно указывали на большую распространенность таких туманностей.

Для опровержения идеалистических представлений о единственности нашей звездной системы во вселенной необходимо было решить ряд трудных задач, непосильных для науки XIX в., а также и для первых двух десятилетий XX века. Одной из таких задач является определение расстояний до спиральных туманностей: если бы оказалось, что расстояния составляют сотни тысяч световых лет, то это означало бы, что туманности находятся далеко за пределами Галактики. Вторая задача заключалась в том, чтобы окончательно доказать звездную природу этих туманностей, разложить их, пользуясь мощ-

ны световых лет. Это была так называемая сверхновая звезда; светимость таких звезд в максимуме блеска в миллионы, а иногда и в миллиарды раз превышает солнечную. Появление новой звезды в туманности Андромеды в 1885 г. при ее как будто скромном видимом блеске в действительности свидетельствовало о грандиозном космическом явлении, подлинный масштаб которого мог быть выяснен только после определения расстояния до этой туманности.

ными наблюдательными средствами, на отдельные звезды, как были в свое время разложены многие туманности, оказавшиеся звездными скоплениями в пределах Галактики.

Первая задача была решена после создания нового метода определения расстояния до далеких небесных объектов на основе наблюдений переменных звезд цефеид (об этом будет рассказано в следующей главе). Но этот метод мог быть применен к внегалактическим туманностям лишь после того, как их звездное строение и присутствие в них цефеид было установлено наблюдениями, т. е. когда (уже на рубеже первой и второй четверти XX в.) была решена вторая задача.

Однако и до этого факты указывали на то, что расстояния до туманностей чрезвычайно велики. Об этом свидетельствовали большие лучевые скорости, которые оказались в десятки раз больше лучевых скоростей звезд. В то же время предпринимавшиеся многими астрономами попытки измерить собственные движения туманностей оказывались безуспешными, хотя для этого и производились тончайшие измерения положений туманностей на фотографиях, снятых через значительные промежутки времени. Огромная скорость движения по лучу зрения в сочетании с невозможностью подметить обычные собственные движения как будто ясно свидетельствовала о колоссальных расстояниях до туманностей, а из этого вытекало, что и размеры их могут быть сравнимы с размерами Галактики.

Но несмотря на это, многие астрономы, занимавшиеся вопросами, ближайшим образом связанными с проблемой строения звездной вселенной, продолжали оставаться противниками концепции «островных вселенных», признавая спиральные туманности членами галактической системы. Так, например, в 1915 г. американский астроном Ван-Маанен предпринял попытку определить расстояние до одной из спиральных туманностей из наблюдений движения вещества в туманности, которое он как будто подметил. Однако результат этого определения, основанного на произвольной оценке скорости движения вещества, оказался неприемлемым даже для тех, кто подобно Ван-Маанену отказывался считать спираль-

ные туманности мировыми островами: полученные расстояния составляли немногие сотни световых лет. В 1916 г. русский астроном С. К. Костинский (1867—1936) показал, что движения, подмеченные Ван-Мааненом, не являются реальными и, по-видимому, связаны с неучтенными ошибками при наблюдениях.

Как прямой довод в пользу конечности вселенной, выдвигался также и фотометрический парадокс, уже упоминавшийся выше. В девяностых годах немецкий ученый Г. Зеелигер (1849—1924) указал еще на один подобный парадокс — гравитационный. Сущность его заключается в том, что в бесконечной вселенной с бесконечным числом притягивающих тел каждое небесное тело и все находящееся на нем должно испытывать воздействия неопределенно больших сил тяготения; однако в действительности это не наблюдается. Из гравиметрического парадокса также делался вывод о конечности вселенной.

Уже во втором десятилетии XX в. прогрессивный шведский ученый В. Шарлье (1862—1939) пришел к выводу, что в бесконечной вселенной, построенной по системе Ламберта, и фотометрический и гравитационный парадоксы отпадают, если только расстояния между составляющими системами достаточно велики в сравнении с размерами самих систем, а средняя плотность вещества уменьшается по мере перехода к системам все более высоких порядков. Но этот вывод Шарлье мог быть оценен лишь позднее.

Таким образом, кризис естествознания, в первую очередь проявившийся в физике, отражался и в астрономии. Идеалистическая концепция конечной вселенной, тенденция «замкнуть» все наблюдаемые небесные тела в рамки одной космической системы, владела многими умами. Отход от широких космологических обобщений, характерный для второй половины XIX в., продолжался и в начале XX в. Если в XVIII в. космологические представления несравненно опережали достижения астрономии своей эпохи, то теперь наблюдалось обратное явление: космологические представления намного отставали от собранных наукой наблюдательных данных, а мировоззрение многих ученых оказывалось в глубоком противоречии с их научными достижениями.

5. «Вселенная и атом»

Однако идея бесконечной и структурно многообразной вселенной в XX в. постепенно завоевывала сторонников не только среди прогрессивно настроенных ученых, но также и среди передовых писателей-популяризаторов и даже поэтов. Эта идея подкреплялась теперь все новыми достижениями в области астрономии и физики. Открытие электрона привело к созданию новых представлений о строении атома. На ранних этапах развития этих представлений считалось, что строение атома подобно строению солнечной системы и электроны являются как бы планетами, обращающимися вокруг атомного ядра, играющего в этой системе роль Солнца. Блестящая фантазия ирландского ученого-популяризатора Фурнье Д'Альба позволила ему набросать увлекательную картину двух «новых миров» — инфрамира и супрамира, подтверждение существования которых он видел в новых физических открытиях. Инфрамир — это мир атома, солнечная система, заключенная в пространственные рамки, недоступные для земных микроскопов. В свою очередь реальные звезды нашего мира являются только атомами грандиозного супрамира. Фурнье Д'Альб допускал, что иерархическая лестница миров продолжается и в ту и в другую сторону: существуют и инфра-инфрамир и супра-супрамир. Вселенная Фурнье Д'Альба, следовательно, представляет собой, как и вселенная Ламберта, бесконечную геометрическую прогрессию, но со знаменателем прогрессии, неизмеримо большим. «Местная система» звезд, являющаяся во вселенной Ламберта следующим звеном после солнечной системы, по своим линейным размерам превосходит последнюю в миллионы раз. Система же Млечного Пути по линейным размерам не более чем в тысячу раз больше, чем входящие в нее местные системы. У Фурнье Д'Альба знаменатель прогрессии, т. е. отношение линейных размеров звезды и атома или размеров звезды супрамира и звезды «нашего» мира, являющейся атомом супрамира, выражается числом 10^{22} . Такое соотношение пространственных размеров Фурнье Д'Альб распространял и на время. Одна секунда в нашем мире — это сотни триллионов лет в

жизни инфрамира, а секунда в супрамире равна сотням триллионов наших лет.

Эта идея полной аналогии между атомом и солнечной системой увлекла и выдающегося русского поэта В. Я. Брюсова (1873—1924), близко интересовавшегося точными науками. В своем стихотворении «Мир электрона» Брюсов писал:

«Быть может, эти электроны —
Миры, где пять материков,
Искусства, знанья, войны, троны
И память сорока веков!
Еще, быть может, каждый атом —
Вселенная, где сто планет;
Там — все, что здесь, в объеме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.
Их меры малы, но все та же
Их бесконечность, как и здесь;
Там скорбь и страсть, как здесь, и даже
Там та же мировая спесь.
Их мудрецы, свой мир бескрайный
Поставив центром бытия,
Спешат проникнуть в искры тайны
И умствуют, как ныне я;
А в миг, когда из разрушенья
Творятся токи новых сил,
Кричат в мечтах самовнушенья,
Что бог свой светоч погасил!»

Кризис естествознания оказал отрицательное влияние на мировоззрение астрономов конца XIX и начала XX вв. Однако в этот период были сделаны новые, чрезвычайно важные открытия, позволившие значительно продвинуть вперед знания о строении вселенной. Приблизилось время, когда выдающиеся, намного опережавшие науку своего времени космологические идеи Канта и Ламберта получили, наконец, свое подтверждение. Новые открытия показали, что строение вселенной, как и строение атома, неизмеримо сложнее, чем это казалось в свете прежних умозрительных представлений. Выяснилась также полная несостоятельность попыток проведения аналогий между строением микромира — атома и макромира — звездной вселенной.

VIII. НАЧАЛО И РАЗВИТИЕ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

1. Начало изучения переменных звезд — цефеид

Выдающиеся открытия в астрономии, которые были сделаны в начале XX в., послужили началом нового этапа в развитии науки о вселенной. Предпосылки для этих открытий сложились уже во второй половине предшествующего века, которая вошла в историю астрономии как эпоха развития астрофизических исследований, доставивших обширные и ценнейшие сведения о физической природе звезд и туманностей — об их блеске и спектрах, о движении и распределении в пространстве. Значение новых открытий заключалось, прежде всего, в том, что они ознаменовали переход от изучения только частных вопросов, касающихся природы отдельных небесных тел, к уяснению общих закономерностей их строения и развития.

По времени эти открытия совпали с общим кризисом естествознания, в области астрономии проявившимся прежде всего в тенденции к отрицанию бесконечности вселенной, к признанию нашей Галактики единственной звездной системой, включающей в себя все существующие небесные тела. Усилия передовых астрономов были направлены на доказательство ложности такой точки зрения. Изучение Галактики и сделанные на его основе обобщения постепенно привели к заключению о существовании других звездных систем. Сложился новый раздел звездной астрономии — внегалактическая астрономия.

Исключительное значение в подготовке последующих открытий имело изучение переменных звезд, особенно развившееся, начиная со второй половины XIX в.,

Переменными звездами называют звезды, видимый блеск которых подвержен колебаниям. Изменения блеска у переменных звезд могут совершаться либо периодически (при весьма различных периодах), либо без сколько-нибудь определенной закономерности. Со временем выяснилось, что изменение блеска у многих переменных звезд объясняется тем, что они являются двойными звездами, причем обе звезды обращаются вокруг общего центра масс так, что периодически затмевают друг друга для земного наблюдателя. Таким образом, хотя у каждой из этих звезд изменение светимости может и не происходить, общий видимый блеск системы периодически изменяется. Переменные звезды такого типа называются затменными переменными. От них резко отличаются так называемые физические переменные звезды, у которых изменение видимого блеска связано с реальными изменениями светимости, отражающими те или иные физические процессы, происходящие в звездах.

По характеру изменения блеска физические переменные разделяются на несколько классов, или типов. Особое значение, которое выяснится ниже, имеет изучение цефеид, названных так в связи с тем, что впервые характерные для них особенности были обнаружены у звезды δ Цефея, еще в конце XVIII в. Позднее было открыто много переменных звезд этого типа. Изменение блеска цефеид происходит строго периодически, причем периоды изменения блеска у разных звезд могут иметь значения примерно от полутора часов до полутора месяцев. Впервые исследованием спектра δ Цефея (а потом и других переменных звезд этого типа) в 90-х гг. XIX в. занялся выдающийся русский астрофизик А. А. Белопольский (1854—1934). Он обнаружил, что изменение лучевых скоростей у этой звезды происходит с тем же периодом, с которым изменяется ее блеск; из этого можно было заключить, что и у цефеид изменение блеска обусловлено тем, что они являются двойными (периодические изменения лучевых скоростей можно было объяснять движением компонентов двойной звезды по лучу зрения). Однако это мнение оказалось ошибочным. Позже было выяснено, что изменения блеска цефеид вызываются происходящими в них физическими процессами, природа

которых, однако, и сейчас изучена еще не до конца. По-видимому, изменение блеска цефеид, как предположил выдающийся русский физик Н. А. Умов (1846—1915),



Аристарх Аполлонович Белопольский (1854—1934).

объясняется периодическими пульсациями (расширениями и сжатиями) атмосфер звезд, вызывающими как изменения светимости, так и изменения лучевых скоростей.

Особое значение цефеид в исследованиях звездного мира определилось позже, когда на Гарвардской обсерватории (США) развернулись широкие исследования переменных звезд под руководством известного американского астронома Э. Пикеринга (1846—1919). В 1908 г.



Эдуард Чарльз Пикеринг (1846—1919).

астроном этой обсерватории Г. Ливитт (1868—1921), основываясь на изучении многих таких звезд в Малом Магеллановом Облаке, обнаружила строгую зависимость между периодом изменения блеска цефеид и их светимостью (зависимость «период — светимость»). Оказалось, что чем больше период изменения блеска у цефеиды, тем больше и ее светимость (при этом необходимо отметить, что даже цефеиды с наиболее короткими периодами являются по своей светимости звездами-гигантами, цефеиды же с большими периодами — так называемые долгопериодические цефеиды — являются звездами-сверхгигантами). Открытие этой зависимости позволяло использовать цефеиды в качестве своего рода «верстовых столбов вселенной», дающих возможность определить расстояния до очень далеких космических объектов (содержащих такие звезды), удаленность которых вообще не могла бы быть определена иными методами. В самом деле, определив из наблюдений период изменения блеска той или иной цефеиды, с помощью обнаруженной зависимо-

сти лег-
абсолют-
ну, ка-
удале-
наблю-
сравни-
рассчи-
секов.
ном с-
бом ра-
стным

2.

Бол-
ний о в-
ные в-
С
ность
ского
вил пе-
тодов
и удоб-
отдель-
менени-
вильно-
ствую-
прида-
ности,
космич-
неведо-
состоя-
разом
миров-
ских
идей
Це-
менны-
рия, к-
рым —

сти легко можно найти светимость этой звезды, или ее абсолютную звездную величину (т. е. звездную величину, какую имела бы данная звезда, если бы она была удалена от наблюдателя на 10 парсеков). Определив из наблюдений видимую звездную величину цефеиды, ее сравнивают с абсолютной величиной и таким образом рассчитывают, насколько ее расстояние больше 10 парсеков. Если цефеида наблюдается в том или ином звездном скоплении, то при определении описанным способом расстояния до цефеиды становится тем самым известным также и расстояние до этого скопления.

2. Вклад русских ученых в изучение вселенной в конце XIX и в начале XX вв.

Большое значение для развития научных представлений о вселенной имели труды русских ученых, выполненные в конце XIX и в начале XX вв.

С 70-х гг. XIX в. в Москве развернулась деятельность выдающегося русского астрофизика В. К. Цераского (1849—1925). Основной задачей, которую поставил перед собой Цераский, было совершенствование методов астрофотометрии, создание новых, более точных и удобных в работе приборов для измерения блеска как отдельных звезд, так и целых звездных скоплений, применение этих приборов на практике. Цераский, правильно полагал, что различия в блеске звезд свидетельствуют о глубоких различиях в их физической природе, и придавал важное значение звездной фотометрии. В частности, Цераский считал, что переменные звезды — это космические тела, находящиеся в каком-то особом, еще неведомом и непостижимом для физики того времени состоянии. Эти взгляды Цераского были теснейшим образом связаны с его прогрессивным общефилософским мировоззрением. Даже в эпоху кризиса в космологических воззрениях, он был решительным пропагандистом идеи о бесконечной и структурно сложной вселенной.

Цераский придавал особое значение изучению переменных звезд. По его инициативе Московская обсерватория, которой он руководил (в 1890—1916 гг.), стала вторым — после Гарвардской обсерватории — центром по

отысканию и изучению переменных звезд. В это время на Московской обсерватории работали Л. П. Цераская (1855—1931), открывшая свыше 200 новых переменных звезд, и С. Н. Блажко (1870—1956), исследовавший за-



Витольд Карлович Цераский
(1840—1925).

кономерности изменения блеска переменных различных классов; в советскую эпоху он продолжил эти исследования. Изучением переменных звезд занимались также и другие русские астрономы.

В царской России университетские обсерватории рассматривались как вспомогательные учебные учреждения, на научную работу отпускались ничтожные средства. В этих условиях Цераский не смог организовать планомерное исследование переменных звезд в тех масштабах, в каких это осуществил Пикеринг, работавший в

США, ставших к тому времени первой капиталистической державой мира. Поэтому в Москве (как и в России вообще) в то время не было сделано в области исследования переменных звезд решающих открытий, равных по значению, например, открытию зависимости период — светимость у цефеид. Но уже тогда стали накапливаться ценнейшие наблюдения, послужившие материалом для капитальных исследований переменных, осуществленных позже, в советскую эпоху.

На рубеже XIX и XX вв. большое значение имели работы по выяснению строения звездной системы Млеч-

ного Пути
тонным
Изуча
основе
ниях зв
звездной
Стратон
выводу
Путь сос
дельных
щений, н
«звездны
ми», од
для бли
них мож
их прост
очертани
мнению,
надлежи
центр ко
ложен
Лебеда,
дится он
перифер
лака.
между
облакам
одних
ка почт
ются, в
чаях ра
облаков
правиль
ширину
Стр
долго
нию, ч
спирал
вывал
количе
Он сч

ного Пути, выполненные русским астрономом В. В. Стратоновым (1869—1938).

Изучая пространственное распределение звезд на основе накопленных данных о положениях и расстояниях звезд до 9-й звездной величины, Стратонов пришел к выводу, что Млечный Путь состоит из отдельных звездных сгущений, названных им «звездными облаками», однако только для ближайших из них можно выяснить их пространственные очертания. По его мнению, Солнце принадлежит к облаку, центр которого расположен в созвездии Лебедя, причем находится оно на дальней периферии этого облака. Расстояния между отдельными облаками различны: в одних случаях облака почти соприкасаются, в других случая расстояния значительны. Расположением звездных облаков в пространстве Стратонов объяснял видимую неправильность формы Млечного Пути, различную его ширину и кажущееся раздвоение.

Стратонов критически отнесся к высказанному незадолго перед тем английским астрономом Истоном мнению, что Млечный Путь представляет собою гигантскую спиральную систему (Истон, как указывалось, обосновывал это мнение, исходя из существования большого количества спиральных туманностей, видимых на небе). Он считал, что спиральные туманности не состоят из



Сергей Николаевич Блажко
(1870—1956).

звезд и являются элементами Млечного Пути; форма же звездной системы, по его мнению, может и не повторять форму своих составных элементов. Вслед за О. В. Струве он утверждал, что имеющиеся данные свидетельствуют о существовании только одной «вселенской» звездной системы — системы Млечного Пути, простирающейся до неизвестных пределов — по-видимому, в бесконечность. При этом звездный «слой» — собственно Млечный Путь, по взглядам Стратонова, занимает в системе срединное положение и с обеих сторон окружен туманными объектами, из которых видны только самые близкие. В частности, он считал близкими те туманности и скопления туманностей, которые, как выяснилось позднее, являются далекими звездными системами.

Исследования Стратонова сыграли известную роль в выяснении строения Млечного Пути, хотя его выводы, в которых Млечный Путь отождествляется со всей вселенной, и были ошибочны.

Мнение Истона о спиральном строении звездной системы Млечного Пути подтвердилось в ходе дальнейшего развития астрономии.

В первые десятилетия XX в. пулковский астроном С. К. Кестинский предпринял обширные работы по точному определению фотографическим путем (на основе сравнения положений звезд на фотоснимках, полученных в различное время) собственных движений и параллаксов звезд. Эти работы, как и классические исследования спектров звезд различных классов, проведенные А. А. Белопольским, дали ценнейший материал для теоретических изысканий. Однако для глубоких работ по изучению строения вселенной русские астрономы в первые десятилетия XX в. не обладали необходимыми наблюдательными средствами.

Для таких наблюдений необходимы были мощные телескопы-рефлекторы, которыми уже располагали в то время астрономы США и некоторых других стран. В до-революционной России таких инструментов не было, материальная база науки была совершенно недостаточна, не имела Россия и достаточно мощной оптико-механической промышленности, способной изготавливать крупные телескопы.

Только в 1912 г. для Симейзского отделения Пулковской обсерватории был заказан в Англии большой 40-дюймовый рефлектор. Первая мировая война, а затем гражданская война и иностранная интервенция в нашей стране явились причиной того, что английская фирма выполнила свой заказ лишь в 1924—1925 гг., когда рефлектор с зеркалом такого диаметра уже далеко отставал от крупнейших в мире телескопов.

Не располагая достаточно мощными инструментами, русские, а затем и советские астрономы в течение многих лет не могли участвовать в должной мере в исследованиях глубин вселенной. Однако, уже в 30-х гг. в СССР появились глубокие исследования по звездной астрономии и астрофизике; позже работы в этих областях астрономии заняли ведущее место в мировой науке. Подробнее о советских работах этого периода будет сказано в последующих разделах книги.

3. Дискуссия Шепли и Кёртиса о строении вселенной

Можно было бы думать, что если по цефеидам оказалось возможным определять расстояния до далеких звездных скоплений в нашей Галактике, то цефеиды могли бы быть использованы и для определения расстояний до туманностей, находящихся далеко за пределами Галактики. Но для этого нужно было доказать звездную природу этих внегалактических туманностей, и не только доказать, но и обнаружить среди составляющих их звезд цефеиды.

Проблема множественности звездных систем, при всей ее умозрительной бесспорности, продолжала оставаться дискуссионной научной проблемой, допускавшей два взаимно противоположных решения, отражавшие два мировоззрения, непримиримые и взаимно исключаящие друг друга — материалистическое и идеалистическое.

Период с 1916 до 1924 гг. был временем наибольшего развертывания этой дискуссии, в которую были вовлечены многие выдающиеся ученые в области звездной астрономии. Особое значение в истории науки имела

состоявшаяся в 1920 г. дискуссия между крупнейшими представителями двух направлений — известными американскими астрономами Х. Кёртисом (1872—1942) и Х. Шепли.

Шепли, впоследствии выдающийся исследователь в области внегалактической астрономии, выступил как один из последних противников концепции островных вселенных, которую настойчиво отстаивал и пропагандировал Кёртис.

Шепли считал, что понятие Млечного Пути должно быть расширено: к звездной системе Млечного Пути он относил все доступные наблюдению небесные объекты. При этом, как полагал Шепли, размеры ее нужно считать значительно бóльшими, чем принятые ранее. В своих рассуждениях он ссылался на исследования голландского астронома Я. Каптейна (1851—1922), согласно которым даже на расстоянии в 40 000 световых лет от Солнца звезды расположены в пространстве не слишком редко, откуда следует, что границы звездной системы находятся значительно дальше.

Определяя размеры звездной системы Млечного Пути, Шепли основывался на оценке расстояний до шаровых звездных скоплений. Исходя из различных соображений и, в частности, применяя обнаруженную зависимость «период — светимость» к цефеидам, наблюдаемым в шаровых скоплениях, Шепли пришел к заключению, что расстояния до наиболее ярких скоплений составляют 20 000 — 40 000 световых лет. При таких расстояниях видимый блеск звезд-гигантов, имеющих в шаровых скоплениях, должен быть таким, каким он в действительности наблюдается. Если же предположить, что расстояния до шаровых звездных скоплений меньше, то даже для звезд с наибольшим видимым блеском светимость получается настолько низкой, что их никак нельзя отнести к числу звезд-гигантов. Предположение, что в шаровых скоплениях вообще отсутствуют звезды-гиганты, Шепли считал неосновательным. Что касается наиболее слабых шаровых скоплений, то расстояния до них, по мнению Шепли, составляют от 100 000 до 200 000 световых лет. Диаметр всей галактической системы он оцени-

вал в 300 000 световых лет, при толщине в 30 000 световых лет.

Шепли допускал, что спиральные туманности могут находиться за пределами системы Млечного Пути, но и в этом случае он считал их объектами иной природы, чем Галактика. Он высказывался в пользу предположения, что эти объекты представляют собой туманности, а никак не звездные системы.

Шепли, в частности, отрицал возможность видеть вспышки новых звезд в туманностях, находящихся далеко за пределами Галактики. Он указывал, что при наблюдаемой видимой звездной величине этих звезд они должны иметь колоссальную светимость, какую не имеют новые звезды, вспыхивающие в Галактике, даже в максимуме своего блеска.

Поэтому Шепли полагал, что эти новые звезды вспыхивают в нашей звездной системе и лишь случайно проецируются на туманности. Однако, как уже указывалось, в туманностях наблюдались не обычные новые звезды, а сверхновые, имеющие значительно большую светимость, и поэтому рассуждения Шепли оказались лишенными основания.

Взгляды Кёртиса во многом отличались от представлений Шепли. Прежде всего, Кёртис считал расстояния до шаровых скоплений примерно в 10 раз меньшими, чем это полагал Шепли. Возражая Шепли, он отмечал, что количество звезд-гигантов в ближайшей к Солнцу области Галактики незначительно по сравнению с общим количеством звезд; нет оснований считать, что в шаровых скоплениях относительное число звезд-гигантов больше, чем в окрестностях Солнца.

Кроме того, Кёртис указывал, что зависимость «период — светимость», установленная на основании изучения цефеид в Малом Магеллановом Облаке, не обязательно верна для всех цефеид, где бы они ни наблюдались. Отвергая таким образом доводы Шепли в пользу огромных расстояний до шаровых скоплений, Кёртис утверждал, что они удалены лишь на немногие тысячи световых лет.

Диаметр Галактики Кёртис определял в 30 000 световых лет. Эта оценка в общем хорошо согласовывалась

с оценками некоторых других исследователей: так, А. Эддингтон (1882—1944) считал диаметр Галактики равным 15 000 световых лет, почти такую же оценку давал Вольф, и только Каптейн считал размеры Галактики значительно бóльшими, чем полагал Кёртис, хотя и у Каптейна получалась величина, значительно меньшая, чем у Шепли.

Что же касается спиральных туманностей, то для Кёртиса не было никаких сомнений в том, что они являются звездными системами и что их размеры примерно такие же, что и размеры системы Млечного Пути. Расстояния до них, по его мнению, различны: от 500 000 до 100 000 000 световых лет.

Туманность Андромеды — одна из наиболее близких, ее диаметр при принятом для нее расстоянии составляет около 17 000 световых лет. Новые звезды, обнаруженные в спиральных туманностях, действительно являются членами их звездного населения. Их чрезмерная светимость не должна удивлять, так как физические характеристики звезд отличаются вообще очень большим разнообразием.

Значение этой дискуссии в первую очередь заключалось в том, что оба ее участника сделали ряд правильных выводов, подтвержденных позднейшими открытиями. Однако Шепли отстаивал ошибочный взгляд на природу спиральных туманностей, а Кёртис, хотя и занял правильную позицию в этом основном вопросе, утверждая концепцию островных вселенных, все же высказал ряд ошибочных положений.

Размеры Галактики оценили неверно и Шепли, и Кёртис, и многие другие исследователи. Интересно, что действительные размеры Галактики (диаметр около 80 000 световых лет) представляют собой приблизительно среднее геометрическое между оценками Шепли и Кёртиса. Шепли преувеличивал расстояния до шаровых звездных скоплений (во всяком случае, до наиболее далеких из них), но в общем его представления об этих расстояниях оказались гораздо ближе к действительности, чем оценка Кёртиса. Вместе с тем предположение Кёртиса, что зависимость «период — светимость» верна только для цефеид, расположенных в Малом Магелла-

новом
опров
терна
больш
систе

Д

время

тоды

талис

кото

более

швед

нашел

ляет

таты

гими

было

меды

ности

за ее

согла

нием

Пр

распо

огром

казат

марк

имею

О

спир

амер

Исп

(и

реф

Мау

нов

звез

новом Облаке, последующими исследованиями было опровергнуто. На самом деле эта зависимость характерна для всех цефеид вообще (хотя в деталях она в не-большой степени и различна для объектов разных систем).

Дискуссия Шепли и Кёртиса проходила уже в то время, когда многие астрономы, применяя различные методы и используя накопленные данные наблюдений, пытались определить расстояние до туманности Андромеды, которая с полным основанием рассматривалась как наиболее близкая из спиральных туманностей. В частности, шведский астроном К. Лундмарк (1889—1958) в 1920 г. нашел, что расстояние до туманности Андромеды составляет около 650 000 световых лет. Аналогичные результаты были получены в то же время и некоторыми другими исследователями. После этих определений можно было считать почти несомненным, что туманность Андромеды, а следовательно, и все вообще спиральные туманности находятся вне Галактики и, скорее всего, далеко за ее пределами. Этот вывод, как легко заметить, вполне согласовывался как со взглядами Кёртиса, так и с мнением Шепли.

Признание того факта, что спиральные туманности расположены за пределами Галактики, причем даже на огромных расстояниях от нее, не было еще прямым доказательством их звездного строения, хотя сам Лундмарк уже не сомневался, что спиральные туманности имеют именно такое строение.

4. Открытия Хаббла

Окончательное доказательство звездного строения спиральных туманностей было получено лишь в 1924 г. американским астрономом Э. Хабблом (1889—1953). Используя незадолго перед тем вступивший в строй (и долгое время остававшийся величайшим в мире) рефлектор с диаметром зеркала 250 см обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии (США), Хаббл получил новые фотографии трех туманностей: туманности в созвездии Андромеды, туманности в созвездии Треуголь-

ника и туманности NGC 6822 *). Внешние части туманностей на этих фотографиях отчетливо разлагались на отдельные звезды.

Это было одно из величайших открытий в астрономии нового времени. Идеалистическое по самому своему существу допущение «единственности» нашей звездной системы во вселенной (из которого неизбежно вытекало утверждение пространственной конечности вселенной) было раз и навсегда опровергнуто. Учение о множественности звездных систем, исходившее из убеждения в бесконечности вселенной и провозглашенное прогрессивной космологией XVIII в., впервые на основе наблюдений получило подтверждение и доказательство своей безусловной истинности.

При дальнейших наблюдениях трех упоминавшихся туманностей в них, а также и в некоторых других, исследованных позднее, было открыто много переменных звезд, в частности — цефеид. Исследование изменений блеска цефеид позволило на основе зависимости «период — светимость» определить и расстояние до этих туманностей; расстояния до ближайших из них оказались больше, чем полагали Кёртис и Лундмарк. Знание расстояний позволяло по угловым диаметрам вычислить линейные размеры этих новооткрытых звездных систем. Оказалось, что они в общем сравнимы с размерами нашей Галактики.

В дальнейшем Хаббл и другие ученые исследовали несколько тысяч туманностей, в отношении которых было установлено, что они являются внегалактическими звездными системами. При этом оказалось, что спиральная форма характерна далеко не для всех из этих далеких галактик: многие из них имеют эллиптическую форму, некоторые оказались неправильной формы. Так определились три основных типа внешних (т. е. находящихся за пределами «нашей» звездной системы) галактик: спиральные, эллиптические и неправильные.

Применяя принцип Доплера к изучению движения внешних галактик по лучу зрения, Хаббл обнаружил

*) NGC — сокращенное обозначение Нового общего каталога туманностей.

интересную закономерность. Оказалось, что все внешние галактики, за исключением трех ближайших, удаляются от нашей Галактики с огромными скоростями, причем скорости их тем больше, чем дальше находится галактика. Это «разбегание» галактик было обнаружено по смещению линий в их спектрах в сторону красного конца; в связи с этим явление получило наименование «красного смещения». Об исключительном космологическом значении этого явления и о попытках его идеалистического истолкования в целях возрождения, казалось, уже опровергнутого учения о конечности вселенной в пространстве и во времени будет сказано далее.



Эдвин Хаббл (1889—1953).

Открытие красного смещения поставило перед наукой сложный вопрос о природе и причинах этого явления. Было обнаружено, что у наиболее удаленных из известных галактик лучевые скорости составляют десятки тысяч километров в секунду. Сооружение мощных рефлекторов и совершенствование методики и техники наблюдений быстро расширяло объем пространства, доступного для изучения — на фотографических пластинках обнаруживались все более и более далекие галактики. Их исследование приводило к заключению, что с дальнейшим проникновением в глубины вселенной скорости удаления галактик возрастают, приближаясь к скорости света. Загадка красного смещения приводила, таким образом, к необходимости раскрытия еще неведомых законов природы, действующих в далеких глубинах вселенной и не проявляющихся в тех тесных

пределах пространства, которые были доступны науке ранее.

Расширение этих пределов после первого открытия Хаббла последовало чрезвычайно быстро. Оно очень скоро привело к открытию галактик и их скоплений, находящихся на расстояниях в десятки, сотни миллионов, а потом и в миллиарды световых лет. Вместе с тем не было обнаружено никаких заметных признаков уменьшения числа галактик по мере проникновения в глубь вселенной.

IX. СО

Осн
ной, б
космич
благод
и мето
ваются
враще
ниям с

Сов
умозре
ленной
блюда
неизме
Ламбе
предш
ских с

В
части
тысяча
Но и э
ляет с
риаль
бескон
Совре
тщате
астроф
всей е
ческого
процес

9 ю. г

IX. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВСЕЛЕННОЙ

1. Картина бесконечной вселенной

Основным в современных представлениях о вселенной, базирующихся на исследованиях огромной части космического пространства, радиус и объем которой благодаря совершенствованию астрономической техники и методов научных исследований непрерывно увеличиваются, является признание сложности состояний и превращений вещества, заполняющего доступную наблюдениям область вселенной.

Современная наука в основном подтвердила смелые умозрения Ламберта о структурной бесконечности вселенной, почти на два столетия опередившие уровень наблюдательной астрономии. Но картина мира оказалась неизмеримо сложнее, чем мог представить себе не только Ламберт, но и ученые гораздо более позднего времени, предшествовавшего началу исследования внегалактических объектов.

В настоящее время радиус доступной наблюдениям части вселенной в линейной мере определяется уже не тысячами и не миллионами, а миллиардами световых лет. Но и это невообразимо огромное пространство представляет собой лишь бесконечно малую часть всей материальной вселенной — столь же бесконечно большой, как бесконечно велики возможности человеческого познания. Современные представления о вселенной основаны на тщательном и наиболее полном применении точнейших астрофизических методов к изучению видимого мира во всей его грандиозности, во всем многообразии его физического строения, во всей сложности происходящих в нем процессов развития.

Исследование далеких просторов вселенной неразрывно связано с такими вопросами, как установление положения солнечной системы, а следовательно, и Земли, в нашей звездной системе — Галактике, и положения Галактики в доступной части вселенной. История науки о вселенной — это история постепенного, временами крайне медленного, временами, в частности за последние десятилетия, очень быстрого расширения границ видимого мира, а вместе с тем и развития представлений о многообразии форм материи во вселенной.

В этом многообразии необходимо прежде всего выделить те космические образования, которые наблюдаются и изучаются при помощи современных наблюдательных средств и бесспорно играют основную роль в вечном круговороте материи.

Изучая ночное небо, земной наблюдатель видит звезды. Невооруженному глазу доступно около 2500 звезд в Северном полушарии неба и примерно столько же в Южном. Применение оптических средств резко увеличивает количество видимых звезд, входящих в нашу звездную систему. Бесчисленные внешние галактики тоже оказываются состоящими в основном из звезд. Таким образом, можно с полным основанием заключить, что звезды являются одной из наиболее распространенных форм космических образований. Их отличительным свойством является излучение энергии, вырабатываемой в их недрах.

Но уже давно астрономические наблюдения показали, что звезды при их бесспорной распространенности — не единственная форма космических образований. Пространство между звездами (так же как и пространство между отдельными и как будто изолированными друг от друга звездными системами) не является пустым. Оно заполнено межзвездным газом, либо чрезвычайно разреженным, заполняющим огромные пространства, разделяющие звезды и звездные системы, либо несколько более плотным, образующим обширные облака внутри звездных систем. В межзвездных просторах существуют также и облака, состоящие из очень мелких частиц твердой материи (космической пыли). Именно эта космическая пыль и является средой, вызывающей поглощение света далеких звезд, впервые открытое В. Я. Струве.

Звезды, межзвездный газ и космическая пыль — это три наиболее распространенные формы космических образований, иначе говоря, — небесных объектов, наблюдаемых во вселенной. Существует еще и четвертая форма — планетная. Но сейчас еще трудно судить, насколько эта форма распространена во вселенной. Обширная система планет — твердых и холодных, лишенных собственного света тел — окружает Солнце; планеты, а возможно, и целые планетные системы имеются и у других, может быть, у многих звезд.

Доказательство существования межзвездного газа и облаков пылевой материи является достижением науки нового времени. Звезды и планеты известны с глубокой древности, современная же наука непрерывно расширяет и углубляет знания о них. Так, давно уже было известно, что звезды, одной из которых является Солнце, излучают собственную энергию, тогда как планеты — холодные, темные тела. Однако только на основе данных современной науки оказалось возможным более четко определить различие между звездами и планетами.

2. Великое многообразие звезд

«Самосветимость» звезды означает, что звезда с большей или меньшей, но при всех случаях с грандиозной (в земных масштабах) интенсивностью излучает в мировое пространство энергию, вырабатываемую в ее недрах за счет каких-то внутренних и длительно действующих процессов.

Вопрос об источниках звездной энергии был одним из животрепещущих вопросов науки XIX в. и начала XX в. Конечно, тогда для звезд и, в частности, для Солнца могли предполагаться только такие источники энергии, которые в том или ином виде были известны на Земле. Высказывались предположения о наличии на Солнце (а следовательно, и на звездах) горючих веществ, существующих и на Земле. Некоторое время пользовалась широким распространением гипотеза о систематическом сжатии Солнца (под влиянием ряда причин), при котором происходит пополнение тепловой энергии. Когда на Земле были открыты явления радиоактивности, возникло

предположение, что источником солнечной и звездной энергии являются радиоактивные процессы. Однако позднее была доказана полная несостоятельность всех этих предположений. Ни один из указанных выше источников энергии не может восполнить фактическую затрату энергии Солнца и любой другой звезды.

Согласно современным представлениям, источником звездной энергии являются ядерные реакции, связанные с превращением водорода в гелий. Водород является наиболее распространенным химическим элементом во Вселенной, во всяком случае в той ее части, которая в настоящее время доступна для исследования. Водород, количество которого во много раз превышает наличие всех других элементов, вместе взятых, является, таким образом, основным материалом, из которого состоят небесные тела и, в частности, звезды.

Ядерные превращения, обуславливающие выделение огромных количеств атомной энергии, происходят далеко не во всех небесных телах. Они могут происходить в продолжение более или менее длительного (в космических масштабах) времени только в телах, обладающих достаточно большой массой и определенным минимумом плотности. Ядерные реакции не происходят (или могут происходить в несравненно меньших масштабах) в недрах планет, массы которых значительно меньше масс звезд. Трудно в настоящее время определить ту минимальную массу, при которой в небесном теле еще возникают ядерные процессы и оно, таким образом, представляет собой звезду. В настоящее время известны звезды с массой, равной $1/12$ солнечной, т. е. только в 80—90 раз превышающей массу Юпитера — самой крупной планеты солнечной системы. Что касается плотности, то звезды-гиганты и звезды-сверхгиганты имеют ничтожную плотность, в тысячи и миллионы раз меньшую плотности земной атмосферы. Но все-таки это — звезды, и они несравненно плотнее, чем газовые или пылевые туманности, не говоря уже о межзвездном веществе.

Представление о количестве энергии, излучаемой звездами, легко получить на примере Солнца, являющегося по своим размерам и светимости средней звездой. Из всего количества энергии, излучаемой Солнцем в ми-

разе 37
миллиар
оказыва
Земле, н
излучен
дов эрг
поверн
чает с
связан
Солнца
шает ма
что этот
миллиар
показыва
ратурные
изменени
связана
крайне н
Солн
дой не то
характер
чия звезд
быть, и
звезд отл
чение физ
общие дл
многообр
В пер
ностям зв
ниями бы
личные, пр
ды, имею
также и п
ровать сл
тело солн
сравнении
превосход
звезды-гиг
*) При д
ность его с
квадратах

ровое пространство, Земля получает менее одной двух-миллиардной части. Но и этой как будто ничтожной доли оказывается достаточно для поддержания жизни на Земле, и притом в течение миллиардов лет. Солнечное излучение измеряется несколькими десятками миллиардов эргов в секунду с каждого квадратного сантиметра поверхности *). Всего же Солнце каждую секунду излучает около $4 \cdot 10^{33}$ эргов. Огромный расход излучения связан с колоссальной потерей массы. Однако масса Солнца настолько велика (она почти в 800 раз превышает массу всех тел солнечной системы вместе взятых), что этот расход практически не заметен на протяжении миллиардов лет. Изучение геологической истории Земли показывает, что за последние 2—4 миллиарда лет температурные условия на Земле не претерпели существенного изменения, а следовательно, и масса Солнца, с которой связана интенсивность его излучения, уменьшилась в крайне незначительной степени.

Солнце, как уже было сказано, является средней звездой не только по размерам и светимости, но и по другим характеристикам, определяющим индивидуальные отличия звезды: по массе, плотности, температуре, а может быть, и по возрасту. Но большинство характеристик звезд отличается большим разнообразием. Поэтому изучение физической природы звезд раскрывает не только общие для всех них закономерности, но и чрезвычайное многообразие их характеристик.

В первую очередь это относится к размерам и плотностям звезд, о которых уже шла речь выше. Наблюдениями было установлено, что размеры звезд весьма различны, причем оказалось, что звезды-гиганты (т. е. звезды, имеющие огромную светимость) являются гигантами также и по размерам. Это положение можно иллюстрировать следующими примерами. Солнце, центральное тело солнечной системы, представляется небольшим в сравнении с Арктуром, Денебом, Ригелем — звездами, превосходящими его по диаметру в 30—40 раз. Но и эти звезды-гиганты (а Ригель по светимости может быть

*) При диаметре Солнца приблизительно в 1 400 000 км поверхность его составляет $6 \cdot 10^{18}$ квадратных метров, или $6 \cdot 10^{22}$ квадратных сантиметров.

отнесен даже к сверхгигантам) очень малы по сравнению с Бетельгейзе или Антаресом, превосходящими Солнце по диаметру в сотни, а по объему в миллионы раз. Однако такие звезды, как VV Цефея, S Золотой Рыбы, ε Возничего, имеют диаметры в тысячи, а объемы в миллиарды раз больше, чем у Солнца.

В последнее время в Большом Магеллановом Облаке были исследованы несколько красных звезд, у которых светимость оказалась такой же или даже несколько большей, чем у S Золотой Рыбы. Температура красных звезд ниже, чем у звезд других типов, и излучение энергии с единицы поверхности у них происходит с гораздо меньшей интенсивностью. Поэтому тот факт, что эти звезды соперничают с S Золотой Рыбы по общему излучению, можно объяснить только их сверхколоссальными размерами, превосходящими размеры всех других известных звезд: их диаметры, по-видимому, превосходят в несколько тысяч раз диаметр Солнца и близки по размерам к диаметру всей солнечной системы, ограниченной орбитой Плутона. Для этих звезд предложено, хотя и не вошло еще в астрономическую литературу, наименование — красные сверхсверхгиганты. Весьма вероятно, что при дальнейших исследованиях будут обнаружены еще бóльшие звезды даже в нашей системе, не говоря уже о вселенной вообще.

Массы звезд, как указывалось, характерны значительно меньшим разнообразием: даже у самых больших звезд они составляют обычно не более сотен масс Солнца. Именно поэтому плотности звезд-гигантов чрезвычайно малы, составляя миллионные и даже миллиардные доли плотности Солнца.

Самые «легкие» из известных звезд обладают массой, равной $1/10$ — $1/12$ доле солнечной массы, у самых «тяжелых» звезд масса превышает солнечную, как сказано выше, только в сотни раз. Однако за этой относительно не такой большой разницей в массах скрыта огромная разница в светимостях звезд. Между массами и светимостями звезд была обнаружена прямая зависимость, выражающаяся в том, что звезды с бóльшей массой обладают и бóльшей светимостью: сопоставление масс и светимостей звезд, для которых эти характеристики из-

вестны (массы известны для сравнительно небольшого числа звезд), привело к выводу, что светимости звезд пропорциональны примерно третьей, а может быть, и четвертой степени массы. К таким же выводам приводят и теоретические расчеты, основанные на законах излучения самосветящихся тел. Зависимость эта несколько видоизменяется для звезд с различными физическими характеристиками, для звезд же некоторых типов она вообще неверна. В частности, эта зависимость не распространяется на белых карликов (о них будет сказано ниже), у которых светимость оказывается значительно меньше, чем это следует из зависимости «масса — светимость». Тем не менее, несмотря на все отклонения от общего закона, можно считать, что если масса одной звезды в 10 раз превосходит массу другой, то ее светимость в 1000—10 000 раз больше. Таким образом, в пределах как будто не очень большого диапазона звездных масс существуют и звезды, подобные S Золотой Рыбы, по светимости превосходящие Солнце в миллион раз, и звезды, имеющие светимости в десятки, сотни и тысячи раз меньшие, чем у Солнца.

Особое значение имеет различие звезд по температуре. Разнообразие звездных температур (на поверхности звезд; в недрах звезд температура неизмеримо выше) велико. Известна звезда с температурой 1600° (хотя, вероятно, есть и более холодные звезды); ядра планетарных туманностей имеют температуру $50\,000$ — $100\,000^{\circ}$. Как уже указывалось, именно различие в температурах звезд, а отнюдь не различие в химическом составе, обуславливает многообразие звездных спектров: от температуры зависит состояние, в котором находятся молекулы и атомы в звездных атмосферах.

В наиболее холодных звездах могут существовать некоторые молекулярные соединения; при более высоких температурах звезд молекулы распадаются и в спектрах преобладают линии так называемых нейтральных атомов различных химических элементов. При еще более высокой температуре атомы ионизируются: они теряют один, два, три и более электронов и приобретают таким образом положительный электрический заряд. Спектральные линии ионизованных атомов иные, чем

у нейтральных атомов. В условиях многократной ионизации ядра атомов могут полностью лишиться электронов; в этом случае при сближении таких «голых» ядер создается очень высокая плотность вещества, недостижимая ни в каких иных условиях. В 1915 г. американский астроном В. Адамс (1876—1956), исследуя звезду-спутника Сириуса (открытую еще в 1862 г.), обнаружил, что она обладает необычными характеристиками. При массе, почти равной Солнцу, спутник Сириуса имеет очень малую светимость — меньше одной сотой доли светимости Солнца, что можно объяснить только незначительными размерами звезды. Действительно, диаметр спутника Сириуса оказался равным всего 40 000 километров — меньше диаметра Урана. Этим значениям диаметра и массы звезды соответствует очень высокая плотность ($40\,000\text{ г/см}^3$), почти в 2000 раз превышающая плотность самых тяжелых металлов. Спутник Сириуса оказался первой по времени открытия звездой, принадлежащей к сравнительно немногочисленной группе звезд — белых карликов. Позже были открыты другие белые карлики с еще более высокими плотностями. Так, известна звезда, по размерам меньше Марса, имеющая плотность $36\,000\,000\text{ г/см}^3$.

3. Звезды и межзвездная материя в Галактике

Звезды в Галактике расположены на колоссальных расстояниях друг от друга, значительно превышающих размеры самих звезд. В свое время, во второй четверти XIX в., три исследователя — В. Я. Струве, Ф. Бессель и Т. Гендерсон впервые определили расстояния до некоторых из близких к солнечной системе звезд. Ближайшей из них, как указывалось, оказалась тройная звезда α Центавра. Расстояние этой звезды от Солнца, несколько превышающее четыре световых года (около $40 \cdot 10^{12}\text{ км}$), как раз характеризует среднее расстояние между звездами в области Галактики, близкой к солнечной системе (в областях Галактики, более близких к ее центру, взаимные расстояния между звездами несколько меньше). Если мысленно поместить, например, вишню где-то в пределах Москвы, другую вишню в Рязани,

третью — в Калининне, четвертую — в Туле и если придать им такое движение, чтобы они в течение суток проходили расстояние, приблизительно равное их диаметру, то получится модель, правильно отображающая размеры звезд и скорость их движений по сравнению с межзвездными расстояниями. К этому можно прибавить, что если в зале Дворца спорта стадиона имени В. И. Ленина в Москве «путешествуют» несколько пылинок и во всем его пространстве нет никакой иной материи, то этот зал все-таки гораздо больше заполнен пылинками, чем космическое пространство звездами.

Расстояния между звездами во много миллионов раз превышают их диаметры и во много тысяч раз расстояния, проходимые звездами в течение года. Это обстоятельство делает весьма маловероятными те космогонические гипотезы, согласно которым происхождение планетных систем, подобных солнечной системе, и двойных звезд объясняется столкновениями или сближениями звезд. В сравнении с колоссальными расстояниями между звездами их размеры и расстояния, проходимые ими в течение суток, месяцев и лет, представляются ничтожными. Поэтому не только столкновения, но даже и достаточно тесные сближения звезд в ходе их странствования в космическом пространстве могут произойти чрезвычайно редко. Такое явление даже для одной звезды из многих тысяч может совершиться один раз в такие промежутки времени, которые заведомо превышают возможный возраст звезд.

Размеры солнечной системы огромны по сравнению с размерами самого Солнца и тем более по сравнению с размерами планет, их спутников и астероидов: диаметр орбиты Плутона (самой дальней планеты солнечной системы) примерно в 8500 раз больше диаметра Солнца. Если всю массу, заключенную в солнечной системе, равномерно распределить по шаровому объему, диаметр которого равен диаметру орбиты Плутона, то окажется, что на один кубический километр объема приходится несколько более двух килограммов вещества, а на объем земного шара — примерно два с половиной миллиарда тонн (величина ничтожная в сравнении с массой земного шара, составляющей $6 \cdot 10^{21}$ тонн). Однако и эта плот-

ность значительно превышает среднюю плотность в пределах доступной для наблюдений части вселенной. Она примерно в триллион раз превышает плотность материи в Галактике. Уже это сопоставление плотности материи в солнечной системе и в Галактике приводит к выводу,

что чем выше (в смысле «иерархии» по Ламберту) космическая система, тем меньше плотность материи в ней.



Павел Петрович Паренаго
(1906—1960).

В результате многочисленных исследований, к числу которых относятся и глубокие многообразные работы выдающегося советского астронома П. П. Паренаго (1906—1960), во второй четверти XX в. сложились совершенно определенные представления о строении Галактики. Выяснилось, что наиболее насыщенная звездами часть Галактики имеет форму чечевицы; таким образом, подтверди-

лось предположение В. Гершеля, что диаметр Галактики в несколько раз больше ее толщины. Подтвердились также некоторые закономерности строения звездной системы, отмеченные В. Я. Струве.

В свете современных представлений Галактика является грандиозной звездной системой, в состав которой входит не менее 150 миллиардов звезд, разделенных между собой огромными расстояниями. Диаметр этой звездной системы составляет не менее 80 000 световых лет, или $5.2 \cdot 10^9$ астрономических единиц. Вся система вращается вокруг ее ядра, представляющего собой звездное сгущение. Таким образом, подтвердилась идея вра-

щения Галактики, высказанная М. А. Ковальским еще в 1859 г. Солнце находится не в центре Галактики, а удалено от него на значительное расстояние (около 25 000 световых лет). Вращение Галактики отлично от вращения твердого тела, при котором угловые скорости, а следовательно, и периоды обращения всех точек равны. Такое вращение могло бы быть, если бы звезды в Галактике были распределены равномерно и не было бы никакого центрального сгущения (такой случай рассмотрел И. Мэдлер в своей гипотезе «центрального Солнца»). Однако увеличение периодов обращения звезд с увеличением расстояния от центра вращения не подчиняется и законам Кеплера, в соответствии с которыми обращаются планеты вокруг Солнца (такое движение бывает при наличии центрального массивного тела). В нашей звездной системе период обращения звезд вокруг галактического центра увеличивается с возрастанием расстояния звезд от этого центра, но медленнее, чем должно было бы быть в соответствии с третьим законом Кеплера. Это объясняется тем, что строение Галактики более сложное, чем строение солнечной системы.

Солнце, а с ним и вся солнечная система, обращается вокруг галактического центра со скоростью около 230 км/сек и совершает полный оборот примерно за 200 миллионов лет.

В настоящее время достаточно точно определена масса Галактики. Она составляет около 130 миллиардов солнечных масс, а в абсолютных единицах — $2,6 \cdot 10^{44}$ г. Если все вещество, заключенное в Галактике, распределить равномерно в ее объеме, условно принимая за сферу и превышающем объем солнечной системы в $2,8 \cdot 10^{23}$ раз и объем Земли в $2,2 \cdot 10^{41}$ раз, то на объем солнечной системы придется около 10^{21} г материи (тогда как масса солнечной системы, на 99,87% сосредоточенная в самом Солнце, составляет $2 \cdot 10^{33}$ г), а на объем Земли — лишь 1200 г вместо $6 \cdot 10^{27}$ г, составляющих действительную массу Земли. На один кубический километр в пространстве Галактики приходится в среднем всего лишь 10^{-9} г материи, т. е. одна миллионная миллиграмма.

Хотя Солнце по своим основным характеристикам может рассматриваться как «средняя», или «рядовая» звезда, масса его все-таки примерно в два раза больше, чем средняя масса звезд в Галактике. В соответствии с этим общая масса всех 150 миллиардов звезд в Галактике значительно меньше, чем 100 миллиардов солнечных масс. Остальную часть вещества Галактики составляют межзвездный газ, газовые и пылевые облака, масса которых, таким образом, оказывается ненамного меньшей, чем у всех звезд, заключенных в Галактике.

Межзвездная материя играет большую роль в строении и в эволюции звездных систем и вселенной в целом. То обстоятельство, что в нашей звездной системе, а также, как показывают наблюдения, и в других звездных системах, звезды и межзвездная материя одновременно присутствуют в сравнимых количествах, свидетельствует о том, что между этими двумя формами состояния материи существует близкая генетическая связь: одна из этих форм в результате своей эволюции переходит в другую. Так в свое время рассуждали Кант и Гершель, так полагали и многие исследователи, работавшие в более позднее время. Но из этого предположения еще не вытекало, что превращение материи из одной формы в другую происходит непрерывно, а следовательно, может происходить и в наше время.

Заслугой В. Гершеля было то, что он вплотную подошел к идее непрерывно продолжающегося во вселенной звездообразования. Туманности, которые не разлагались на звезды в его сильнейшие телескопы, он рассматривал как скопления «первичной» материи, из которой постепенно, в процессе ее сгущения, формируются звезды. Гершель ошибался, приписывая всем таким «неразрешимым» туманностям одинаковую природу: в действительности одни из них были внегалактическими туманностями, впоследствии разрешенными на звезды, другие оказались действительно диффузными туманностями (газовыми и пылевыми). Но он был прав в оценке космического значения диффузных туманностей, полагая, что звезды, наблюдаемые з телескопы и создающие видимую картину Млечного Пути, возникли не одновре-

менно и продолжают образовываться из туманной материи.

Эта идея В. Гершеля, не противоречившая космогоническим гипотезам Канта и Лапласа, а только дополнявшая и обогащавшая их, была забыта на долгое время. Когда гипотезы Канта и Лапласа в конце XIX и в начале XX вв. пришли в противоречие с накопленными фактами и были оставлены, то вновь выдвинутые тогда и позднее многочисленные космогонические гипотезы в большинстве своем исходили уже из метафизического и догматического положения о единовременном возникновении всех звезд Млечного Пути.

4. Строение Галактики

Детальное изучение звездных характеристик и существующих между ними связей уже в первом десятилетии XX в. позволило обнаружить ряд интересных закономерностей. В частности, это относится к зависимости между светимостью звезд и их спектральными классами.

Уже в 1905 г. датский (позже работавший в Голландии) астроном Э. Герцшпрунг обнаружил, что «холодные» звезды (т. е. звезды «поздних» спектральных классов) распадаются по светимости на две группы, которые он назвал звездами-карликами и звездами-гигантами (позже выяснилось, что эти звезды резко различаются также и по размерам и по массам).

В 1913 г. американский астроном Г. Рёссел (1877—1957) на более обширном материале подтвердил существование этих двух групп и построил диаграмму, показывающую зависимость между светимостями и спектральными классами для всех звезд (диаграмма «спектр — светимость», называемая также диаграммой Герцшпрунга — Рёссела).

На диаграмме отчетливо видно, что большинство звезд образует две основные ветви: главную последовательность и ветвь гигантов. Позже обнаружился ряд других последовательностей, располагающихся на диаграмме выше или ниже двух основных. Так определилась ветвь сверхгигантов (звезд, по светимости превышающих

Солнце в десятки, иногда в сотни тысяч раз), лежащая выше ветви гигантов; ветви субгигантов и субкарликов расположены, соответственно, ниже ветви гигантов и главной последовательности. Наконец, определилась и особая ветвь звезд — белых карликов, о которых сказано выше.

Изучение положения звезд в Галактике привело к выводу, что звезды, имеющие различные физические ха-



Генри Норрис Рёссел
(1877—1957).

рактеристики, по-разному распределены в пространстве, занимаемом нашей звездной системой (позже это явление было обнаружено и в других галактиках). Оказалось, что совокупности звезд, объединенные той или иной общей физической характеристикой (тип переменных звезд, спектральный класс и т. п.), образуют в Галактике группы — так называемые звездные подсистемы, которые, взаимопроникая друг в друга, тем не менее различно расположены относительно главной плоскости Галактики, ее центра и имеют различные скорости вращения.

Количество звездных подсистем велико: оно определяется многообразием физических свойств звезд, из которых они состоят. Однако все подсистемы можно отнести к одной из трех составляющих нашей звездной системы — плоской, сферической или промежуточной. Звездные подсистемы, относящиеся к плоской составляющей, располагаются преимущественно вблизи главной плоскости Галактики и имеют относительно большие скорости вращения вокруг ее центра. Подсистемы, образующие сферическую составляющую, расположены на

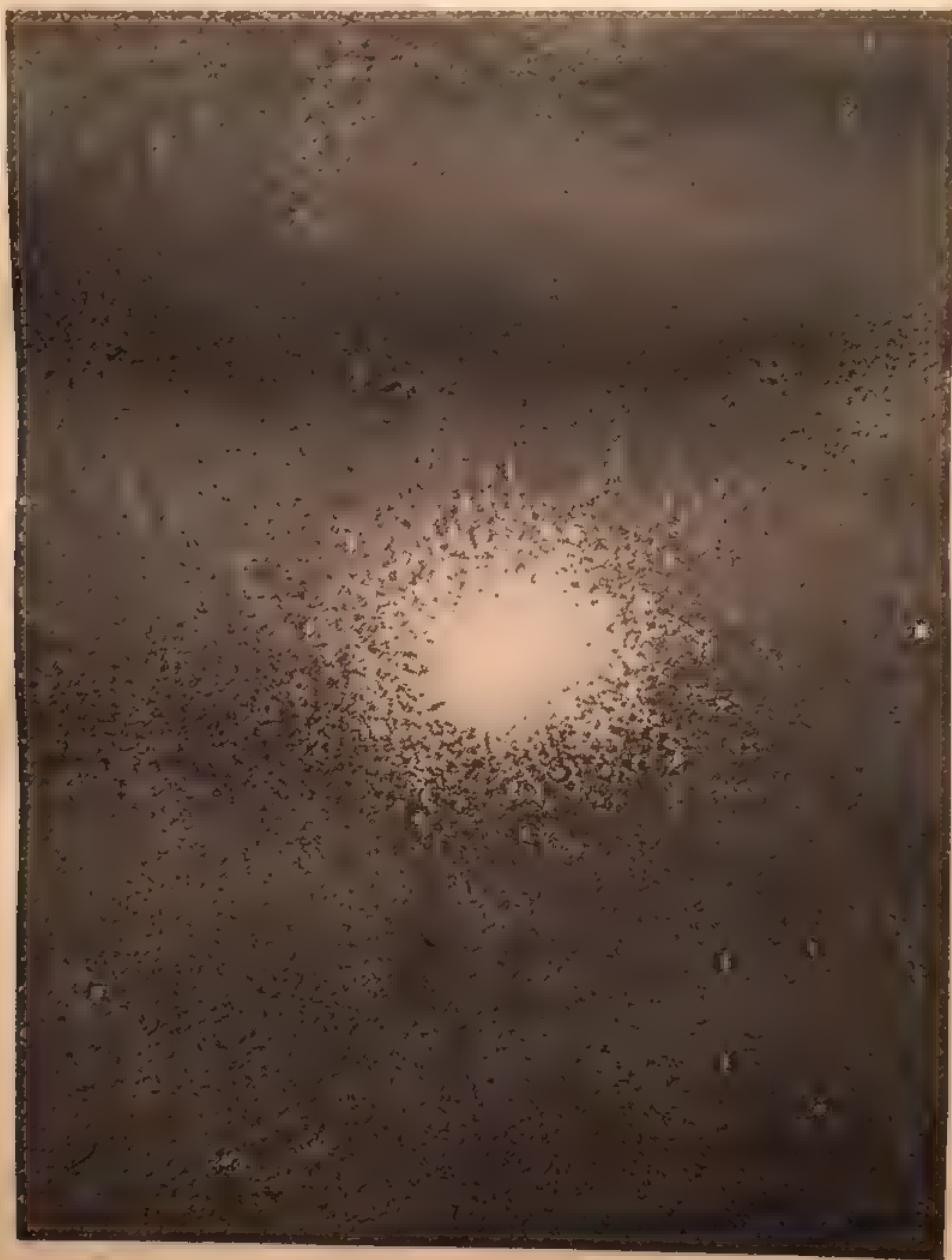
разнообразных расстояниях от галактической плоскости, их скорости вращения — невелики. Сферической эта



Диаграмма «спектр — светимость».

составляющая называется потому, что распределение в пространстве образующих ее звезд показывает почти сферическую симметрию.

Однако характеристики звездных подсистем слишком разнообразны, чтобы подсистемы можно было строго разделить на две составляющие. Поэтому была выделена еще и так называемая промежуточная составляющая,



Шаровое звездное скопление.

характеристики которой являются средними между характеристиками плоской и сферической составляющих.

Детальные исследования позволили заключить, что, например, белые сверхгиганты, долгопериодические цефеиды относятся к плоской составляющей; короткопериодические же цефеиды, так же как и звезды-субкарлики, относятся к сферической составляющей; промежу-

точную систему образуют планетарные туманности и некоторые типы переменных звезд. К сферической составляющей принадлежат шаровые звездные скопления; так называемые рассеянные звездные скопления (о них будет сказано ниже) входят в плоскую составляющую.

Изучение звездных подсистем, различия в характеристиках которых объясняются, по-видимому, их разным происхождением и возрастом, имеет большое значение для развития космогонии.

Галактика состоит не только из «индивидуальных» звезд (к индивидуальным звездам относят одиночные звезды, подобные Солнцу, а также двойные и кратные звезды), но и из более или менее компактных групп очень и очень многих звезд, между которыми существует физическая связь. Такими группами являются шаровые и рассеянные звездные скопления.

Впрочем, «компактность» необходимо понимать здесь в условном смысле. В рассеянных звездных скоплениях звезды распределяются внутри скопления в десятки раз теснее, чем звезды, не входящие в скопления. В области Галактики, в которой находится Солнце, одна звезда приходится в среднем на объем в один кубический парсек (или на 34,6 кубического светового года), т. е. расстояния между звездами здесь во много миллионов раз превышают их диаметры. Однако и в рассеянных скоплениях межзвездные расстояния превышают диаметры звезд в сотни тысяч раз. Рассеянные скопления не принадлежат к грандиозным космическим образованиям. Число звезд в них обычно определяется десятками или немногими сотнями, а диаметры их в большинстве случаев не превышают 10—20 световых лет.

Шаровые скопления представляют собой собрания многих десятков и сотен тысяч звезд. Размеры их значительно больше, чем у рассеянных скоплений: диаметры большинства шаровых скоплений составляют 100—400 световых лет. Плотность пространственного распределения звезд в них в сотни и даже тысячи раз больше, чем в области Галактики, ближайшей к Солнцу. По количеству заключенных в ней звезд подсистема шаровых скоплений является одной из наиболее обильных подсистем Галактики.

Состав звезд как в рассеянных, так и в шаровых скоплениях отличается большим разнообразием. Из-за значительности расстояний до шаровых скоплений в них до недавнего времени наблюдались только звезды-гиганты. Однако при помощи наиболее крупных современных телескопов в шаровых скоплениях были обнаружены звезды разных типов, в том числе и субкарлики. Таким образом, было доказано, что звездные скопления, в частности шаровые скопления, нельзя рассматривать как собрания однотипных звезд с одинаковыми физическими характеристиками.

Выше уже указывалось, что значительная доля вещества, из которого состоит Галактика, находится в диффузном состоянии. Эта диффузная материя присутствует в Галактике в различных формах, основными из которых являются светлые и темные туманности, расположенные внутри Галактики. Светлая туманность в созвездии Ориона, легко видимая на небе невооруженным глазом, известна с далеких времен. Некоторые космологи XVIII в. склонны были считать ее даже центральным телом нашей звездной системы. Также давно известны так называемые угольные мешки — темные туманности, заслоняющие собой свет расположенных за ними звезд и наблюдаемые на небе в виде темных пятен на фоне Млечного Пути.

Светлые туманности не являются, однако, самосветящимися телами. Они светятся лишь благодаря тому, что около туманности или даже в ее пределах находятся горячие звезды, излучение которых вызывает свечение туманностей. В состав светлых туманностей входит газ и твердая материя в пылевом состоянии. Необходимо отметить водородные туманности, открытые уже в недавние годы выдающимся советским астрофизиком Г. А. Шайном (1892—1956). Плотность таких туманностей ничтожна, всего несколько молекул на кубический сантиметр, но их размеры чрезвычайно велики: их диаметры измеряются несколькими световыми годами, а иногда и десятками световых лет. Благодаря таким размерам даже при совершенно ничтожной плотности эти туманности имеют массу, в сотни, а иногда и в тысячи раз превышающую массу Солнца. Впрочем, эта ничтож-

ная плотность оказывается во много раз большей, чем плотность обычной межзвездной материи, заполняющей

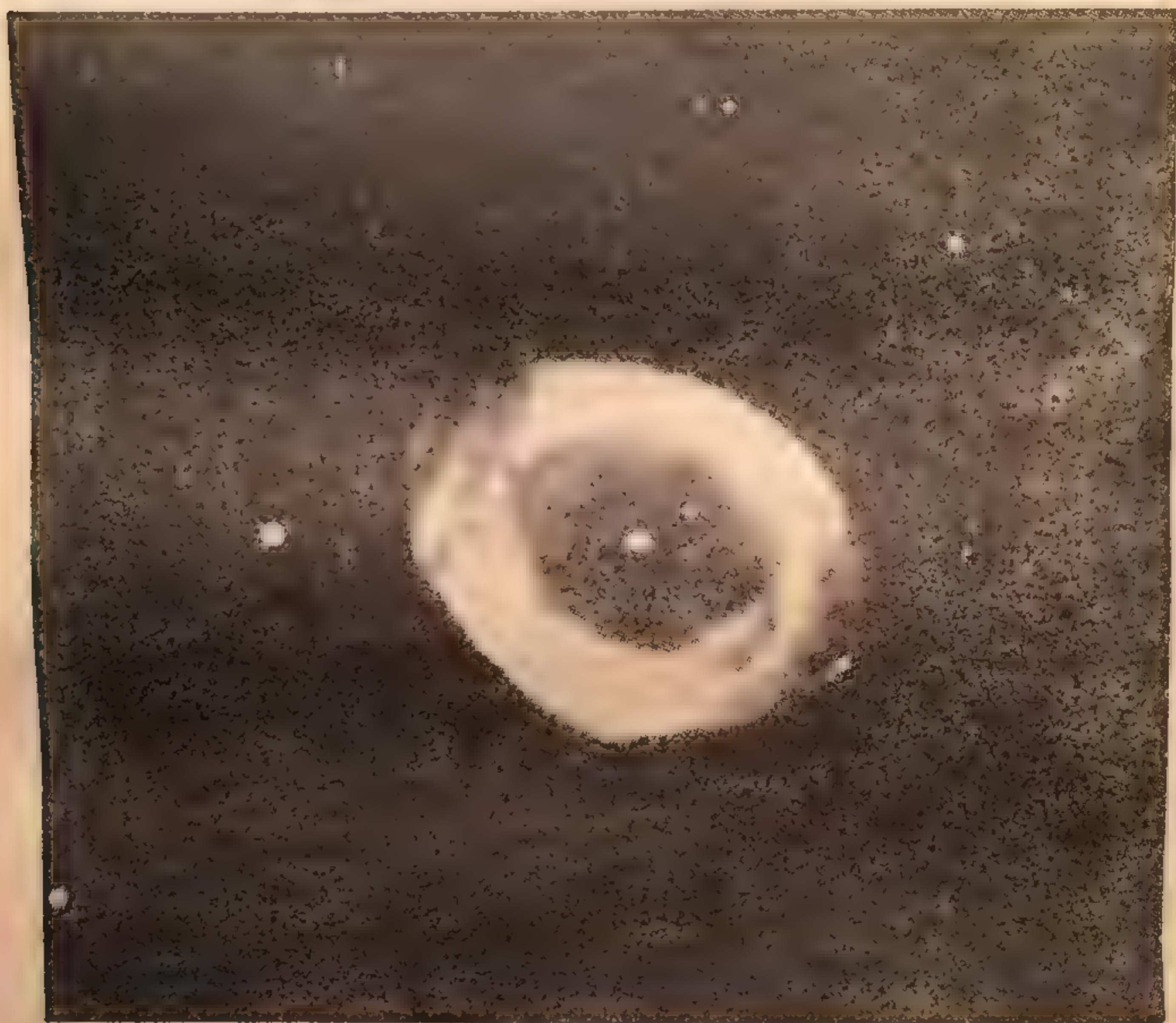


Туманность в созвездии Ориона.

галактическое пространство, но не собранной в виде туманностей.

Темные туманности — это та поглощающая звездный свет среда, существование которой, как уже указывалось,

сто с лишком лег назад установил В. Я. Струве. Современная наука выяснила основные особенности этой среды, представляющей собой скопления твердой пылевой материи. Плотность таких туманностей ничтожна,



Планетарная туманность в созвездии Лиры:

протяженность же чрезвычайно разнообразна. Наибольшие из темных туманностей простираются на многие десятки, а иногда и сотни световых лет. Наряду с ними встречаются так называемые глобулы — темные туманности небольших размеров: их диаметры составляют только тысячи астрономических единиц (световой год равен приблизительно 63 000 астрономических единиц). Глобулы являются наименьшими среди известных в настоящее время форм скоплений диффузной материи.

Среди газовых туманностей особое место занимают так называемые планетарные туманности. Их особен-

ность заключается в том, что в них разреженная туманная оболочка окружает находящуюся в центре туманности, нередко слабую по блеску, но обладающую исключительно высокой температурой звезду. Эта особенность строения планетарных туманностей давно уже дала повод некоторым исследователям считать их той средой, в которой в процессе конденсации диффузной материи формируются звезды. Однако этому предположению противоречит то обстоятельство, что, при наличии в Галактике многих миллиардов звезд, планетарных туманностей известно несколько сотен, а общее количество их в Галактике, по-видимому, не превышает немногих тысяч.

Общая картина многообразия форм материи в Галактике, основная масса которой представлена в виде звезд и туманностей разных типов, дополняется наличием в Галактике очень разреженного газа, заполняющего пространство между звездами. Плотность этого газа ничтожно мала, а изучение его состава подтверждает общее положение о том, что водород является преобладающим элементом во вселенной.

Б. Многообразие галактик

Выше уже упоминалось, что далекие, внешние по отношению к нашей Галактике звездные системы имеют различные очертания. Изучение форм звездных систем позволило подразделить их на три основных типа: галактики спиральные, галактики эллиптические и галактики неправильные. Поскольку уже было установлено, что все эти звездные системы равноправны с нашей Галактикой, уместно поставить вопрос: к какому из этих типов принадлежит наша звездная система? Однако ответить на этот вопрос очень трудно, во всяком случае неизмеримо сложнее, чем ответить на вопрос о строении других галактик. Дело в том, что другие галактики изучаются земными наблюдателями со стороны, хотя и с далеких расстояний, а это позволяет видеть их очертания, уяснить их форму. Очертания же нашей Галактики не могут быть видимы при наблюдениях изнутри, с затерянной в ее глубинах Земли. Поэтому, изучая строение нашей Галактики и определяя ее тип, приходится

пользоваться различными косвенными методами. В настоящее время накоплено много данных, говорящих о том, что наша Галактика имеет спиральную форму и, следовательно, принадлежит к типу спиральных галактик. Значительную роль в установлении этого факта сыграли наблюдения, проводимые радиоастрономическими методами, о которых будет рассказано позднее. К настоящему времени уже довольно точно выяснены внутреннее строение Галактики и ее размеры, о чем уже было сказано раньше.

Открытие звездного строения некоторых спиральных туманностей, сделанное Хабблом в 1924 г., было только первым шагом в развитии внегалактической астрономии. Прогресс в этой области науки, связанный с открытием новых внегалактических звездных систем и расширением границ видимого мира, совершался с исключительной быстротой. Сейчас, по истечении только трети века, радиус наблюдаемой части вселенной в тысячи раз, а объем — в миллиарды раз больше, чем это было непосредственно после первых открытий Хаббла.

Наряду с расширением границ доступной для наблюдений части вселенной расширялись и углублялись знания о ее структурном многообразии. Вселенная, и даже только та непрерывно расширяющаяся часть ее, которая доступна наблюдениям, оказалась не только обширнее, но и значительно сложнее, чем это представлялось на предшествующих этапах развития человеческих знаний.

В пределах видимости крупнейших современных телескопов наблюдается более миллиарда внегалактических туманностей, оказавшихся самостоятельными звездными системами, т. е. космическими системами, равноправными нашей Галактике. Однако изучение их с применением всех существующих методов современной астрофизики показывает, что форма, размеры, состав этих галактик не вполне одинаковы (три основных типа галактик были названы ранее). Более детально изучая строение отдельных галактик разных типов, Хаббл выделил внутри каждого из них подтипы, характеризующиеся отличиями в структурных признаках, и таким образом составил первую классификацию галактик.

Уже Парсонс, Килер и другие исследователи, наблюдавшие многие тысячи туманностей, пришли к выводу, что подавляющее большинство их имеет спиральную форму. Сложилось мнение, что спиральная форма присуща,

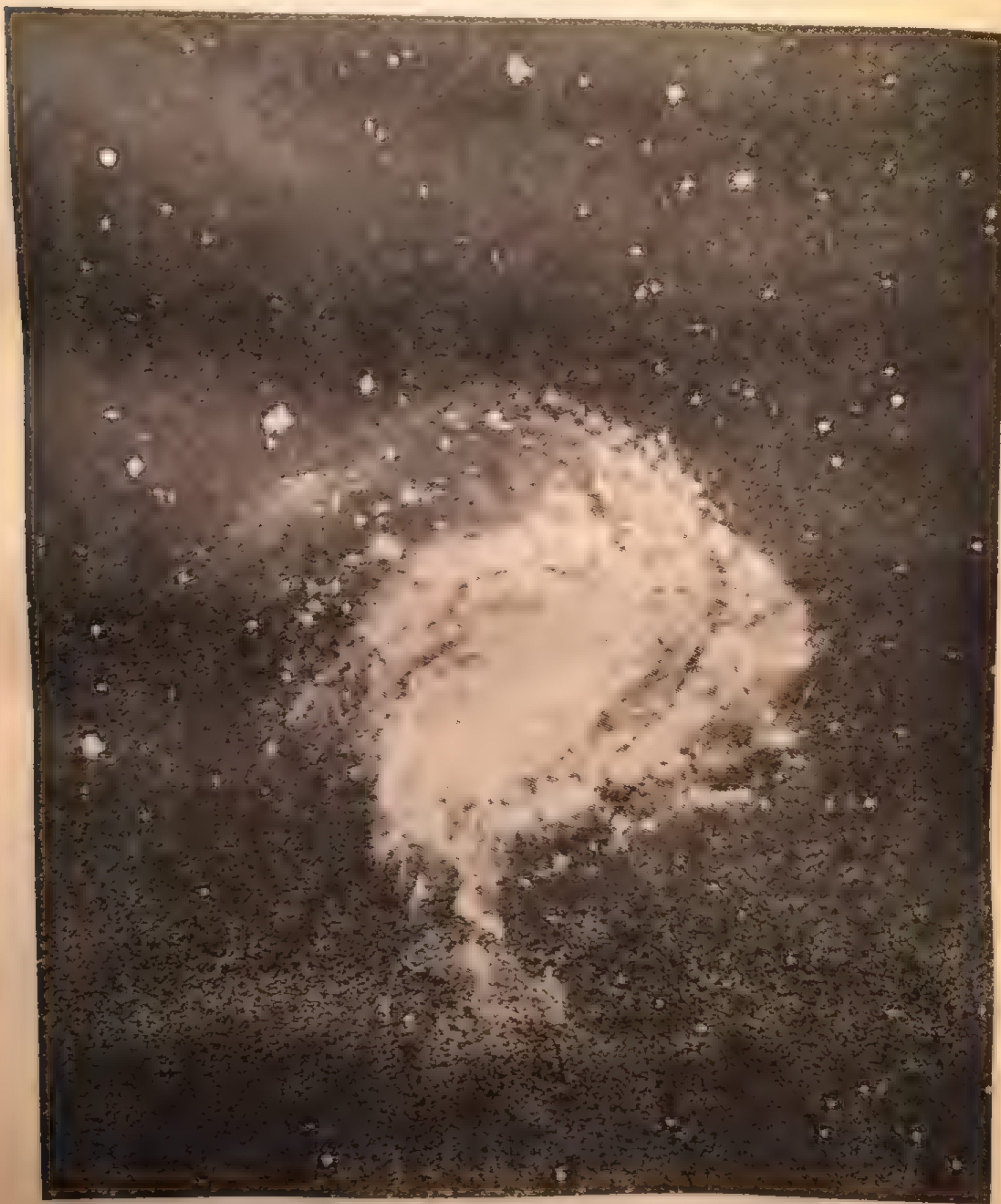


Большое Магелланово Облако.

за редким исключением, всем вообще звездным системам. Однако это мнение оказалось ошибочным.

Исследования показали, что спиральные галактики обладают, как правило, большими размерами, чем галактики неправильные или эллиптические, и изобилуют яркими звездами. Поэтому спиральные галактики имеют значительно большую светимость и в большем количестве доступны для наблюдений. Неправильные и эллип-

тические галактики обычно являются очень слабыми объектами. Из числа неправильных галактик исключение



Спиральная галактика М 83.

представляют Вольшое и Малое Магеллановы Облака, видимые в Южном полушарии невооруженным глазом и являющиеся ближайшими соседями нашей Галактики.

Впрочем, в
Магеллановых
В настоящее
галактик з
других т
в действ
больше, а
ных. Незд
редко.

Для с
тического
мого сп
наковое у
системы
в видимой
с Земли
рые из н
галактик
у спира
можно.

Важн
ляется т
с состав
ственное
мерно т
плоские

Из-з
даже в
тельные
обладан
перемен
звезды,
вые тум
фоне в
свет в
только
светим
чимо п
галакт
Сх
подск

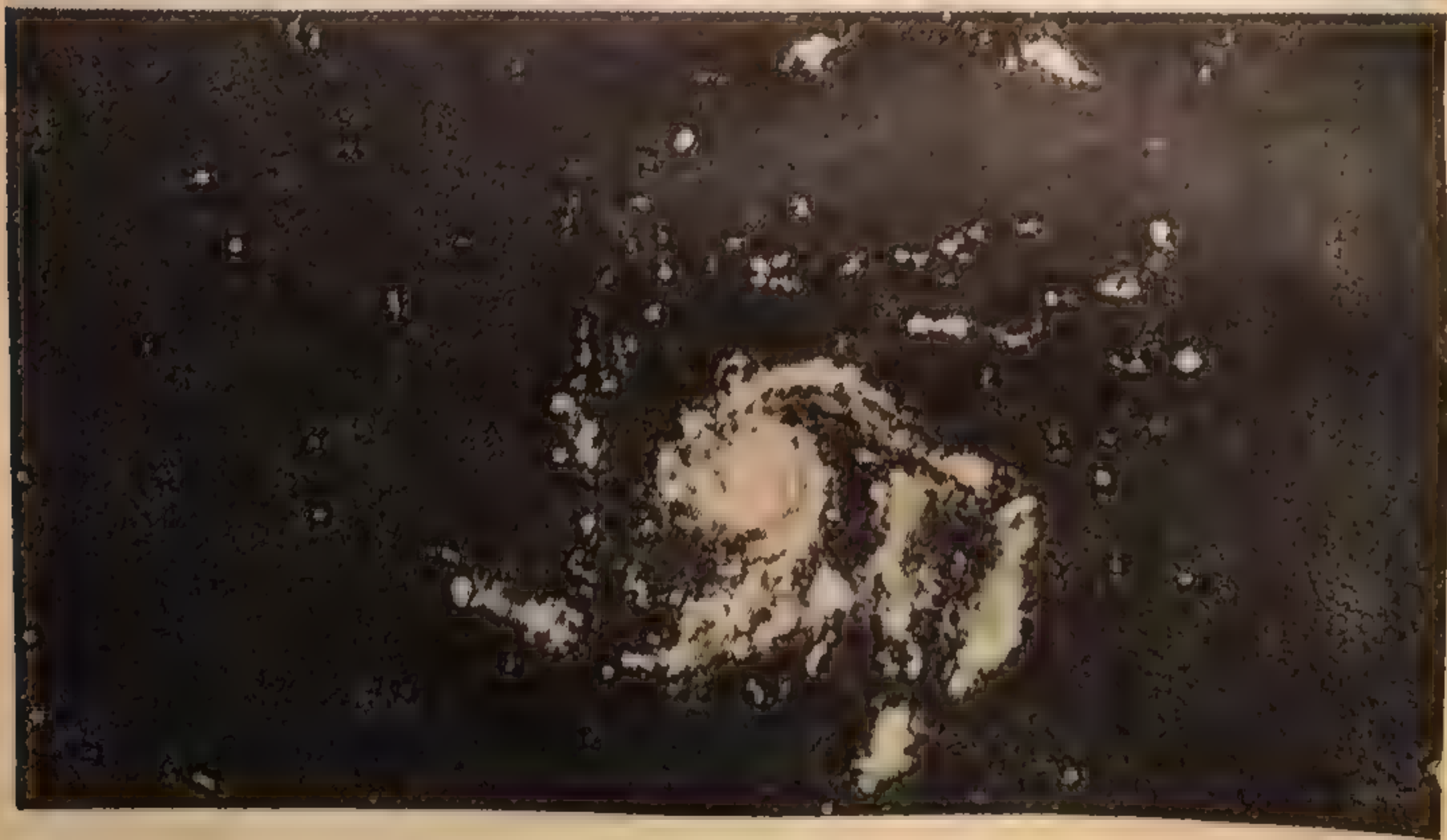
Впрочем, в последнее время высказывается мнение, что Магеллановы Облака также имеют спиральную форму. В настоящее время число наблюдаемых спиральных галактик значительно превышает число известных галактик других типов. Однако есть все основания полагать, что в действительности эллиптических галактик гораздо больше, может быть, во много раз больше, чем спиральных. Неправильные же галактики встречаются довольно редко.

Для спиральных галактик характерно наличие эллиптического (более или менее вытянутого) ядра, обтекаемого спиральными ветвями. Развитие этих ветвей, неодинаковое у разных галактик, определяет принадлежность системы к тому или иному подтипу. Впрочем, различия в видимой форме галактик определяются еще и тем, что с Земли они усматриваются в разных аспектах: некоторые из них видны как бы «сверху», «плашмя». Другие же галактики наблюдаются «с ребра». В последнем случае у спиральных туманностей различить спирали невозможно.

Важнейшей особенностью спиральных галактик является то, что состав входящих в них объектов сходен с составом нашей Галактики, причем даже пространственное распределение этих объектов оказывается примерно таким же. В спиральных галактиках обнаружены плоские и сферические составляющие.

Из-за чрезвычайно больших расстояний до галактик даже в наиболее близких из них современные наблюдательные средства позволяют различить только объекты, обладающие наибольшей светимостью, — некоторые типы переменных звезд, в частности цефеиды и сверхновые звезды, шаровые звездные скопления, газовые и пылевые туманности. В виде темных пятен на более светлом фоне в галактиках наблюдается темное, поглощающее свет вещество. Подавляющее большинство звезд, не только карликов, но и звезд относительно более высокой светимости, не может быть на таких расстояниях различимо по отдельности и сливается, образуя картину внегалактической туманности.

Сходство состава и элементов структуры (звездные подсистемы) нашей Галактики и спиральных галактик



Различные формы галактик.

Содержание

тех же т
терны для
ческих га
средней и
ральных г

Линейн
ренным у
иным спо
деления
цефеид»,
изменени
был опис
ый на т
в максим
мость. П
удаленно
тельно б
как не у
неизбеж
стояний.
когда, г
разрабо
света в

Для
феиды н
вании у
предпол
ластик
по лучу
указыва
дс. гала
которые

является веским основанием для предположений, подтверждаемых современными исследованиями, что и в спиральных ветвях нашей Галактики концентрируются звезды больших светимостей, рассеянные звездные скопления и газовые туманности — именно такие объекты обнаружены в спиральных ветвях многих внешних галактик.

Для неправильных галактик характерно прерывистое, клочковатое строение, состоят же они в основном из тех же типов космических объектов, которые характерны для спиральных галактик. Наоборот, в эллиптических галактиках преобладают, несомненно, звезды средней и слабой светимости, концентрирующиеся у спиральных галактик в их ядрах.

Линейные размеры галактик вычисляются по измеренным угловым размерам и определенным тем или иным способом расстояниям. Основным методом определения внегалактических расстояний является «метод цефеид», использующий зависимость между периодом изменения блеска и светимостью цефеид (этот метод был описан выше). Применяется также метод, основанный на том наблюдаемом факте, что все новые звезды в максимуме блеска имеют примерно одинаковую светимость. Проведенные с помощью этих методов оценки удаленности ряда галактик (конечно, из числа сравнительно близких) вначале не могли быть точными, так как не учитывалось космическое поглощение света, что неизбежно приводило к преувеличенным оценкам расстояний. Оценки стали более уверенными с 30-х годов, когда, главным образом в трудах П. П. Паренаго, были разработаны методы количественного учета поглощения света в мировом пространстве.

Для очень далеких галактик, в которых никакие цефеиды неразличимы, расстояния определяются на основании угловых диаметров, суммарных звездных величин, предполагаемых приблизительно одинаковыми у всех галактик одного типа, а также по скорости их удаления по лучу зрения (красное смещение); эта скорость, как указывалось выше, возрастает с увеличением расстояния до галактики. Наконец, вспышки сверхновых звезд в некоторых галактиках также позволяют судить о расстоя-

ниях галактик, в которых эти звезды находятся. Но и теперь важным методом оценки внегалактических расстояний остается метод цефеид, в основе которого лежало не вызывавшее до самого последнего времени сомнений допущение, что зависимость «период — светимость» одинакова для всех цефеид, в какой бы звездной системе они ни находились. В последние годы выяснилось, что эта зависимость сложнее, в связи с чем возникла необходимость пересмотра ранее определенных расстояний до внешних туманностей. Об этом подробнее будет сказано несколько ниже.

В свое время были определены расстояния до близких галактик в созвездиях Андромеды (М31) и Треугольника (М33). С учетом поглощения света они оказались равными, соответственно, около 670 000 и 750 000 световых лет. Впрочем, они — не ближайшие. Большое и Малое Магеллановы Облака, тогда рассматривавшиеся как крупные звездные скопления в пределах нашей Галактики, в действительности оказались, как уже было сказано, отдельными неправильными галактиками. Расстояния до Большого и Малого Магеллановых Облаков были приняты равными, соответственно, около 78 000 и 83 000 световых лет.

Если не считать примерно десятка небольших галактик, расположенных в пределах расстояний до галактик в созвездиях Андромеды и Треугольника, то другие галактики, расстояния до которых определялись, оказались значительно более удаленными — на миллионы, десятки миллионов и более световых лет.

С развитием наблюдательной техники на фотографических пластинках стали запечатлеваться все более и более слабые внегалактические объекты, отстоящие на сотни миллионов и даже миллиарды световых лет. Свет галактики Андромеды, отразившийся в настоящее время в зеркале земного телескопа, покинул эту галактику на заре существования человечества. Только зарождалась, а может быть, еще и не существовала органическая жизнь на Земле, когда дошедший теперь до нас свет далеких галактик, находящихся на пределе видимости крупнейших телескопов нашего времени, начинал свое космическое странствование.



Галактика в созвездии Андромеды.

Определение линейных размеров галактик (при уже выясненных расстояниях) сталкивалось с трудностями, связанными с измерением их угловых размеров. На фотографиях запечатлевались только наиболее яркие центральные части галактик, но не улавливались их слабые периферийные области. Так было, например, с туманностью Андромеды, диаметр которой в свое время определялся в пределах от 30 000 до 50 000 световых лет. При последующих исследованиях удавалось обнаружить все более и более далекие от центра области, и принятая для диаметра величина все увеличивалась. Позднее в галактике Андромеды были обнаружены около 140 шаровых звездных скоплений, распределенных по всем направлениям от центра туманности. Если считать, что распределение шаровых скоплений определяет очертания туманности и угловые размеры, то ее линейный диаметр оказывался несколько больше диаметра нашей Галактики.

Диаметры других спиральных галактик оказались равными тысячам и немногим десяткам тысяч световых лет. Спиральные галактики представляют собой системы, большие, чем неправильные и эллиптические галактики.

Изучение внегалактических звездных систем, определение их расстояний и размеров началось в то время, когда размеры нашей Галактики еще не были определены окончательно и еще продолжало существовать расхождение во взглядах в этом вопросе, в свое время особенно ярко проявившееся в дискуссии Шепли и Кёртиса по поводу оценки расстояний до шаровых скоплений. До открытий Хаббла Шепли отрицал звездную природу спиральных туманностей, признавая, однако, что они находятся за пределами Галактики. Установление звездной природы внегалактических туманностей не опровергло мнения Шепли о грандиозных размерах Галактики. Но разница между размерами Галактики и других звездных систем оказывалась слишком значительной, и это неизбежно должно было привести к тенденциозным, ошибочным выводам о положении нашей звездной системы во вселенной. Если в свое время Земля была поставлена в центре мироздания, позже Солнцу приписывалось центральное положение в системе Млечного Пути, то теперь как будто оказывалось, что Млечный

Путь занимает особое место среди звездных систем во вселенной.

Для устранения этого противоречия Шепли выдвинул в 1930 г. гипотезу, согласно которой галактиками нужно считать отдельные звездные облака, входящие в состав Млечного Пути. В этом случае вся система Млечного Пути с ее необычными размерами должна была рассматриваться как тесное скопление галактик, т. е. как «сверхгалактика». Гипотеза эта в то время могла представляться правдоподобной, так как тогда уже была замечена тенденция галактик к скучиванию, были открыты на больших расстояниях целые скопления звездных систем. Однако гипотеза Шепли оказалась несостоятельной. Размеры Галактики, приведшие к ошибочному провозглашению ее «сверхгалактикой», определялись расстояниями дальних шаровых скоплений, а эти расстояния, как было выяснено позже, оказались преувеличенными, так как при их вычислении не учитывалось влияние космического поглощения света. Кроме того, изучение вращения системы Млечного Пути подтвердило, что эта система представляет собой единое динамическое целое, вследствие чего ее нужно рассматривать как единую галактику, а не как скопление галактик.

Однако, несмотря на то, что оценки размеров нашей звездной системы, выполненные в последующие годы, дали значительно меньшие величины по сравнению с оценкой Шепли, Галактика продолжала оставаться в числе гигантских звездных систем: больше ее по размерам оказывалась только галактика в Андромеде.

6. О шкале внегалактических расстояний

Исследования последнего десятилетия внесли существенную поправку в самую основу определения внегалактических расстояний и заставили глубже изучить зависимость «период — светимость» у цефеид. В результате такого углубленного изучения возникла необходимость пересмотреть все современные представления о размерах галактик и расстояниях до них.

Успехи наблюдательной техники и в особенности введение в строй крупнейшего в мире рефлектора (с зеркалом диаметром 508 см), установленного на обсерватории Маунт-Паломар в США, позволяли надеяться, что будут получены снимки ближайших галактик (и, в частности, галактики в Андромеде), на которых можно будет обнаружить не только звезды наибольшей светимости (как, например, долгопериодические цефеиды), но и звезды несколько более слабые — короткопериодические цефеиды, красные сверхгиганты и другие, характеризующиеся, однако, тоже очень высокой светимостью. Это представлялось вполне возможным, так как для 508-сантиметрового рефлектора доступны звезды до 23-й величины, а указанные выше звезды на расстоянии, принятом для галактики в Андромеде, должны иметь видимый блеск от 21-й до 22-й величины. Однако на снимках, полученных американским астрономом В. Бааде (1893—1960), короткопериодических цефеид не оказалось вовсе, а красные сверхгиганты были на полторы величины слабее. Это можно было объяснить, лишь допустив, что данные звезды, а значит, и галактика, в которой они находятся, расположены дальше, чем считалось до тех пор.

Поскольку расстояния до галактик определялись по зависимости «период — светимость» для долгопериодических цефеид, возникло сомнение в правильности установленных ранее числовых характеристик этой зависимости. В связи с этим в 1952 г. был поставлен вопрос об уточнении этой зависимости и в первую очередь о пересмотре нуля зависимости «период — светимость». Изменение нуля вызывало необходимость пересмотра всей шкалы внегалактических расстояний. В связи с постановкой этого вопроса возникла широчайшая научная дискуссия, в которой приняли участие выдающиеся астрономы многих стран. Были высказаны различные суждения о шкале расстояний. Многими астрономами, в частности американскими, высказывалось мнение о необходимости увеличить шкалу для всех внегалактических объектов вдвое и даже вчетверо. Следует, однако, заметить, что не во всех случаях это мнение диктовалось научными соображениями, вытекавшими из наблюдений Бааде. Были и другие соображения, в силу которых неко-

которые современные ученые-идеалисты считали необходимым значительно расширить пределы видимой вселенной. Эти соображения были связаны с желанием спасти идеалистическую концепцию конечной расширяющей вселенной (о которой по существу будет сказано ниже), для чего необходимо было увеличить (в рамках конечной вселенной) расстояние до далеких галактик.

Однако безоговорочное увеличение шкалы в два или большее количество раз, независимо от тех или иных идеологических соображений, отражало механистический подход к исследованию таких сложных по своей природе космических тел, как цефеиды. В действительности дело обстоит сложнее, чем это может представиться с первого взгляда.

Прежде всего можно предположить, что короткопериодические цефеиды не видны на снимках, полученных Бааде, не из-за того, что расстояния до этих звезд превышают принятые, а вследствие того, что они действительно слабее, чем было определено ранее (указание на это уже имелось в некоторых прежних исследованиях). Кроме того, долгопериодические цефеиды нельзя рассматривать как единую группу, для которой безусловно верна установленная зависимость «период — светимость»: долгопериодические цефеиды входят и в плоскую и в сферическую составляющие звездной системы, причем нульпункт зависимости «период — светимость» у них значительно различается.

Таким образом, изменению нульпункта зависимости «период — светимость» должны были предшествовать глубокие исследования физических характеристик разных типов цефеид, их распределения в пространстве и в связи с этим — форма зависимости между периодом изменения блеска и светимостью. Только после такого тщательно выполненного анализа советские ученые пришли к заключению, что нульпункт зависимости «период — светимость» следует изменить на одну звездную величину, что обусловит увеличение шкалы внегалактических расстояний примерно в полтора раза (так, например, расстояния до Большого и Малого Магеллановых Облаков в такой шкале составляют, соответственно, 115 000 и 125 000 световых лет).

Увеличение шкалы внегалактических расстояний приводит к важному выводу, что наша Галактика не является гигантской звездной системой и стоит в ряду хотя и крупных, но не исключительных по своим размерам систем. Дело в том, что, принимая для той или иной внешней галактики в полтора раза большее расстояние, следует считать (при установленных угловых размерах) линейные размеры также в полтора раза большими. Размеры же нашей Галактики, определяемые шаровыми звездными скоплениями, расстояния до которых измеряются по короткопериодическим цефеидам, остались в основном без изменения (если считать, что абсолютная звездная величина короткопериодических цефеид слабее, чем это было принято, то размеры Галактики даже несколько уменьшатся).

По новым определениям, диаметр галактики в Треугольнике составил около 23 000 световых лет (старое значение 14 000 световых лет), т. е. почти в четыре раза меньше нашей Галактики. Галактика же в Андромеде оказалась гигантом внегалактического мира. Ее диаметр достигает 130 000 световых лет. Если согласиться с Бааде, который считал, что расстояние до галактики в Андромеде составляет 2 300 000 световых лет, то диаметр этой галактики окажется равным около 300 000 световых лет. Объем Галактики в Андромеде в этом случае во много раз больше объема нашей Галактики. Масса ее также должна быть больше (и возможно, значительно больше) массы нашей Галактики. Согласно исследованиям, выполненным в 1959 году, масса галактики в Андромеде составляет 370 миллиардов солнечных масс.

В самые последние годы дискуссия об изменении шкалы внегалактических расстояний вступила в новую фазу. Дело в том, что определение светимости переменных звезд — цефеид на основании не вполне точных числовых характеристик зависимости «период — светимость» — не единственный возможный источник ошибок при определении расстояний до галактик. Были обнаружены ошибки в определении видимого блеска цефеид. Это-то и дало Бааде основание полагать, что шкала внегалактических расстояний должна быть увеличена по меньшей мере втрое (на этом основании была сделана

и упомяну
лактики
(США)
тельно
следоват
деле явл
стоящие
мые вел
других
внегала
в 6—7.

Это з
образия
Сложнос
ренциров
различны
ностей
стемах.

Возм
ванного
тик дей
время к
Меха
тыре, ше
простран
стей, уст
ских объ
внегала
вым пре
звездных
нашей Г

Плот
коренны
ния зве
ния меж
валось
между
вышают
10*

и упоминавшаяся выше оценка Бааде расстояния до галактики в Андромеде). В 1957—1958 гг. Сандидж (США) высказал мнение, что объекты в одной из сравнительно близких галактик, которые Хаббл и другие исследователи считали звездами-сверхгигантами, на самом деле являются светлыми газовыми туманностями, а настоящие сверхгиганты в действительности на две видимые величины слабее. На основании этого и некоторых других соображений Сандидж сделал вывод, что шкала внегалактических расстояний должна быть увеличена в 6—7, а может быть даже и в 10 раз.

Это заключение — также результат недооценки многообразия состава галактик, упоминавшегося уже выше. Сложность вопроса определяет необходимость дифференцированного подхода к изучению звездного населения различных галактик, исследованию физических особенностей цефеид, находящихся в разных звездных системах.

Возможно, что в результате такого дифференцированного изучения значение расстояний некоторых галактик действительно возрастает в несколько раз, в то время как для других оно может почти не измениться.

Механическое же увеличение шкалы расстояний в четыре, шесть и более раз является не чем иным, как распространением на все видимые объекты закономерностей, установленных лишь для отдельных внегалактических объектов. Но при всех условиях исправление шкалы внегалактических расстояний неизбежно приводит к новым представлениям о расстояниях и размерах внешних звездных систем, и о положении, занимаемом среди них нашей Галактикой.

7. Сверхгалактики и Метагалактика

Плотность распределения галактик в пространстве коренным образом отличается от плотности распределения звезд внутри самих галактик. Если средние расстояния между соседними звездами измеряются, как указывалось выше, миллионами их диаметров, то расстояния между соседними галактиками только в десятки раз превышают их размеры. В то время как столкновения звезд

весьма маловероятны, столкновения галактик не только возможны, но и не представляют исключительно редкого явления во вселенной. Однако это — не обычные механические столкновения. При огромной величине межзвездных расстояний, являющейся характерной особенностью всех галактик, звезды одной из «столкнувшихся» галактик могут пройти сквозь другую галактику без соприкосновения и даже без тесных сближений с ее звездами. Иные последствия такое столкновение галактик будет иметь для межзвездной газовой и пылевой материи, которая при этом может быть выброшена в межгалактическое пространство.

Как и звезды, галактики обнаруживают тенденцию к объединению в более тесные скопления — в группы и в целые облака галактик. Характерно и расположение некоторых небольших галактик в близком соседстве с крупными. Так, например, Большое и Малое Магеллановы Облака — это как бы спутники нашей Галактики. Аналогичного близкого спутника и двух более далеких имеет галактика в Андромеде. Можно говорить о существовании местной группы галактик, в которую входят 16 звездных систем — в числе их наша Галактика, и галактика в Андромеде со своими спутниками, и еще девять систем, находящихся в пределах сферы с радиусом 800 000 световых лет (по старой шкале). Местная группа является структурной единицей наблюдаемой части вселенной. Ближайшие галактики за пределами этой группы отстоят от нее на значительно большие расстояния. Из 16 галактик, образующих местную группу, только наша Галактика, галактики в созвездиях Андромеды и Треугольника, а также, возможно, Большое и Малое Магеллановы Облака относятся к категории спиральных. Все остальные — либо неправильные, либо эллиптические. Это еще раз подтверждает, что число спиральных галактик относительно невелико и что наблюдаются спиральные галактики в большом количестве лишь потому, что они являются наиболее крупными системами с наибольшей светимостью.

Местная группа галактик не является крупной. Обнаружены гораздо более значительные скопления — облака галактик — в разных областях неба и на самых



Скопление галактик в созвездии Волос Вероники.

различных расстояниях от нашей звездной системы. Ближайшим из таких облаков является скопление в созвездии Девы, объединяющее до 3000 галактик и удаленное на расстояние в 7 миллионов световых лет в старой шкале.

В 1953 году выяснилось, что это скопление является центральным сгущением значительно большего по размерам космического образования, которое должно быть названо сверхгалактикой (но не в том ложном смысле, как понимал в свое время Шепли). Эта сверхгалактика (или местная система галактик), в которую входит и наша местная группа галактик, представляет собой систему следующего порядка в смысле иерархии Ламберта, которая и в этом случае нашла свое опытное подтверждение в успехах науки начала второй половины XX в. Как показал австралийский астроном Ж. Вокулёр, сверхгалактика представляет собой чрезвычайно сплюсщенное космическое образование, диаметр которого в старой шкале был определен в 18—20 миллионов световых лет. Последующие исследования самого Вокулёра и других ученых позволили выяснить основные характеристики сверхгалактики. Ее диаметр (в новой шкале) достигает 60—100 миллионов световых лет; при этом расстояние до скопления в созвездии Девы — ядра сверхгалактики — составляет 30—40 миллионов световых лет. Общая масса сверхгалактики равна 10^{15} солнечных масс (масса скопления в Деве — 10^{14} солнечных масс). Сверхгалактика вращается, и период вращения на разных расстояниях от ее центра составляет от $5 \cdot 10^9$ до $2 \cdot 10^{11}$ лет.

Сверхгалактика, открытая Вокулёром, не является единственной: в 1958 г. Эйбелл (США) и другие астрономы, на основании детального изучения обширного наблюдательного материала, пришли к выводу о существовании многих других сверхгалактик. В частности, обнаружена сверхгалактика, центром которой является скопление галактик в созвездии Геркулеса. Ее диаметр примерно равняется диаметру сверхгалактики с центром в созвездии Девы. Безусловно, что наличие сверхгалактик не является привилегией той области вселенной, где находится наша Галактика, в которой затерялась скром-

ная звезда — Солнце и ее еще более скромный спутник — Земля. В иерархической лестнице космических систем сверхгалактики — это промежуточные звенья между обычными галактиками и Метагалактикой — гигантской



508-сантиметровый рефлексор обсерватории Маунт-Паломар.

космической системой, в которую как часть ее входят все известные в настоящее время небесные объекты и границ которой еще не достигли современные телескопы.

Скопления галактик обнаружены на самых различных расстояниях. Так, в 1956 г. при помощи 508-сантиметрового рефлектора обсерватории Маунт-Паломар было сфотографировано скопление галактик, расположенное на расстоянии в 1800 миллионов световых лет. Скорость его удаления по лучу зрения составляет 120 000 км/сек. Плотность распределения звездных систем в Метагалактике неравномерна, она значительно больше в тех ее частях, где обнаруживаются местные скопления, чем в остальном пространстве. Но и там плотность не одинакова. Можно предполагать, что она должна убывать по мере приближения к границам Метагалактики. Однако наблюдения вдоль различных лучей зрения не обнаруживают падения средней плотности с увеличением расстояния. Из этого можно сделать вывод, что доступное крупнейшим современным телескопам пространство составляет лишь незначительную часть Метагалактики, а границы ее находятся далеко, и может быть, очень далеко за пределами видимого мира.

Итак, установлено, что звездные системы — галактики состоят из миллионов и миллиардов звезд, объединяющихся (внутри галактик) в местные системы звезд. Равным образом, существуют системы галактик, объединяемые в сверхгалактики. Есть ли основание полагать, что вся бесконечная вселенная структурно ограничена только одной более высокой, чем галактики, ступенью в иерархической лестнице Ламберта? На этот вопрос наблюдения дают отрицательный ответ. Сверхгалактики являются только составными частями Метагалактики, представляющей собой грандиозное, но тем не менее конечное образование в бесконечной последовательности космических систем. Успехи современной астрономии приводят не только к увеличению объема доступного наблюдениям пространства, но и к расширению знаний о многообразии форм космической материи и о ее структурном многообразии, так же бесконечном, как бесконечны границы космического пространства.

Расстояния между галактиками, как уже отмечалось, превышают линейные размеры галактик в среднем только в десятки раз. Это значит, что галактики заполняют межгалактическое пространство несравненно плот-

нее, чем звезды заполняют пространство внутри галактик. Однако объем метагалактического пространства, занимаемый галактиками, все-таки в тысячи раз меньше, чем объем разделяющего их пространства. Поэтому средняя плотность материи в доступной для наблюдения части Метагалактики значительно меньше, чем в пространстве, занятом галактиками. Если исходить из старой шкалы расстояний, то в области пространства, радиус которой равен 1,8 млрд. световых лет, заключается 10^{14} объемов нашей Галактики, или $2,2 \cdot 10^{55}$ объемов Земли. Современным телескопам доступно около миллиарда галактик. Если условно считать, что массы их в среднем равны массе нашей Галактики, то общая их масса составит $2,6 \cdot 10^{53}$ г. Таким образом, на объем земного шара придется всего 0,01 г вещества (при массе Земли $6 \cdot 10^{27}$ г), на объем солнечной системы 10^{16} г (при массе в $2 \cdot 10^{33}$ г), на объем Галактики — $2,6 \cdot 10^{39}$ г (при массе в $2,6 \cdot 10^{44}$ г). На один кубический километр пространства, т. е. примерно на одну триллионную долю объема Земли, придется всего 10^{-14} г вещества. После увеличения шкалы расстояний, а следовательно, и объема доступной для наблюдений части Метагалактики, средняя плотность вещества оказывается соответственно еще меньше.

Межгалактическое пространство вовсе не является пустым: оно заполнено чрезвычайно разреженным газовым веществом и звездами.

Вполне вероятно, что в межгалактическом пространстве немало звезд. В значительной степени число их пополняется за счет звезд, «выброшенных» из «своих» звездных систем. Дело в том, что всякое притягивающее небесное тело (или система тел) может удерживать на замкнутой орбите другое тело, движущееся вокруг него (например, спутника планеты, движущегося вокруг планеты, или звезду, движущуюся вокруг центра звездного скопления либо звездной системы), лишь в том случае, если скорость движения не превышает некоторого критического значения. Эта критическая скорость зависит от массы притягивающего тела (или системы тел) и различна на разном расстоянии от него.

В звездной системе расстояния между звездами велики, но, тем не менее, звезды воздействуют друг на друга силой своего притяжения. В результате этого скорости звезд могут несколько изменяться: одни начинают двигаться медленнее, другие убыстряют свое движение. Может случиться и так, что скорость какой-нибудь звезды превысит критическую скорость. В таком случае звезда преодолеет силу притяжения всей совокупности звезд Галактики и уйдет за ее пределы. Это явление совершенно аналогично тому, что любой предмет на Земле, приобретший скорость $11,2 \text{ км/сек}$, преодолеет силу земного притяжения и навсегда оставит Землю, уйдя в межпланетное пространство. Для Галактики «критическая» скорость измеряется сотнями километров в секунду. Звезды, движущиеся в Галактике с большими скоростями, со временем покинут ее. Именно такие звезды и образуют межгалактическое звездное население.

Следует отметить, что такая судьба звезд — их выход в межгалактическое пространство — не является катастрофой ни для самих звезд, ни для окружающих их планет. Звезда, движущаяся в межгалактическом пространстве, будет продолжать цикл своего развития за счет внутренних энергетических ресурсов, жизнь на планетах, которые, возможно, окружают ее, еще долго будет существовать за счет энергии своего солнца.

Если бы случилось, что наше Солнце ушло из Галактики, то это не оказало бы влияния на судьбу Земли и жизни на ней. Со временем изменилась бы картина неба, наблюдаемая с Земли. С него исчезли бы звезды и привычные очертания созвездий, а вместо них появились бы бледные туманные пятна — близкие галактики. Долгое время была бы видна в виде яркой туманности бывшая «наша» Галактика, но со временем и она затерялась бы среди других туманностей. Температурные и иные физические условия на Земле не претерпели бы существенного изменения (подобно тому как они не изменились за сотни миллионов и миллиарды лет странствования Солнца в Галактике). Процесс изменения картины неба протекал бы чрезвычайно медленно. Если бы Солнце покинуло Галактику и продолжало свой путь в межгалактических просторах с огромной скоростью 300 км/сек ,

то... тогда ему
чтобы стоять от
лет. Но это расст
Галактики, за
между соседних
в ходе своего стр
венной близости
вался бы период в
как планеты и за

8. Ко

В последнее
вый мощный мет
ского простран
ского ради излу
общую физическ
собой электрома
других волн раз
магнитных волн
(оптическое изл
в очень тесных
микрона (микро
ключены в пре
Правда, земна
многих длин,
воспринимаем
чем диапазон
того, облака
пространстве,
звезд, звездны
тов, свободны
весьма совер
мать такие с
можно обнару
телескопов. И
получить ряд
ленной, о явл
Открыт ряд
разной мощи
мощным ист

то и тогда ему потребовалось бы 100 миллионов лет, чтобы отойти от «нашей» Галактики на 100 000 световых лет. Но это расстояние, несколько большее, чем размеры Галактики, значительно меньше, чем среднее расстояние между соседними галактиками. Для того чтобы Солнце в ходе своего странствования оказалось в непосредственной близости от какой-то иной галактики, потребовался бы период времени, сравнимый с возрастом Земли как планеты и самого Солнца.

8. Космическое радиоизлучение

В последнее десятилетие астрономия получила новый мощный метод проникновения в глубины космического пространства, основанный на изучении космического радиоизлучения. Свет и радиоизлучение имеют общую физическую природу: и то и другое представляет собой электромагнитные волны. Однако длина тех и других волн различна. В то время как длина электромагнитных волн, воспринимаемых человеческим глазом (оптическое излучение, или световые волны), заключена в очень тесных пределах и измеряется десятymi долями микрона (микрон равен 10^{-4} см), длины радиоволн заключены в пределах от миллиметров до километров. Правда, земная атмосфера не пропускает радиоволны многих длин, но даже при этом диапазон воспринимаемых радиоволн оказывается гораздо шире, чем диапазон воспринимаемых оптических волн. Кроме того, облака темной пылевой материи в межзвездном пространстве, поглощающие свет находящихся за ними звезд, звездных скоплений и иных космических объектов, свободно пропускают радиоволны. Современные весьма совершенные радиотелескопы могут воспринимать такие слабые потоки излучения, которые невозможно обнаружить даже с помощью мощных оптических телескопов. Исследования радиоизлучения позволили получить ряд новых сведений о далеких глубинах Вселенной, о явлениях и процессах, там происходящих.

Открыт ряд источников космического радиоизлучения разной мощности. В пределах солнечной системы таким мощным источником является Солнце, в особенности в

периоды максимума его активности. В такие периоды, характерные большим числом солнечных пятен и других образований на Солнце, к постоянному его радиоизлучению («излучение спокойного Солнца») прибавляются временные, спорадические более мощные потоки радиоволн («излучение возмущенного Солнца»). Радиоизлучение открыто и у других тел солнечной системы, в частности у Юпитера и Венеры. В пределах Галактики обнаружен ряд мощных источников радиоизлучения. Некоторые из них отождествлены с туманностями, являющимися остатками сверхновых звезд, вспыхивавших в Галактике уже в историческую эпоху. Другие источники оказались связанными с галактическими водородными туманностями. Далекие звездные системы, очевидно, также являются источниками радиоизлучения, обычно слишком слабого для того, чтобы оно могло быть воспринято существующей радиоастрономической аппаратурой. Однако некоторые галактики излучают мощные потоки радиоволн и в этом отношении резко выделяются среди других.

Вопрос о природе космического радиоизлучения и о причинах, обуславливающих его необычную интенсивность у отдельных космических объектов, еще нельзя считать решенным. Вполне возможно, что происхождение космического радиоизлучения связано с наличием в нашей и в других галактиках мощных магнитных полей, тормозящих движение быстрых электронов. При этом торможении освобождается энергия в виде радиоволнового излучения.

Но, несмотря на то, что еще не познаны до конца физические процессы, лежащие в основе космического радиоизлучения, уже теперь применение методов радиоастрономии к исследованию просторов вселенной привело к важным результатам, которые не могли быть получены одними только оптическими средствами.

В частности, радиоастрономическими наблюдениями установлено, что Солнце окружено не только общеизвестной короной, но и гораздо более обширной газовой «сверхкороной», диаметр которой в 15—20 раз превышает диаметр Солнца. С помощью радиоастрономии многое достигнуто и в выяснении строения Галактики.

До самого последнего времени считалось, что в Галактике не существует источников радиоизлучения, кроме Солнца. Однако в последние годы обнаружены мощные источники радиоизлучения в Галактике. Среди них — спиральные ветви Галактики, в которых находятся источники радиоизлучения. Среди источников радиоизлучения в Галактике — спиральные ветви Галактики, в которых находятся источники радиоизлучения. Среди источников радиоизлучения в Галактике — спиральные ветви Галактики, в которых находятся источники радиоизлучения.

До самого последнего времени подтверждением предположения о спиральной структуре Галактики могла быть только аналогия с другими звездными системами, в которых наблюдаются те же космические объекты, что и в Галактике; немного сведений об этом давали также и наблюдения тех областей Галактики, которые не закрываются поглощающей свет материей. Радиоастрономические методы позволили на основе изучения интенсивности радиоизлучения в различных областях Галактики в общих чертах выяснить расположение в ней спиральных ветвей.

Среди воспринимаемых уже в настоящее время слабых источников радиоизлучения есть и такие, которые совершенно не поддаются отождествлению с космическими объектами, находящимися в поле видимости крупнейших оптических телескопов. Можно думать, что эти источники находятся гораздо дальше, чем самые удаленные из доступных оптических объектов, возможно, на расстоянии многих миллиардов световых лет. Таким образом, радиоастрономия открывает широчайшие возможности для дальнейшего проникновения в глубины Метагалактики, а затем и для изучения еще более грандиозных космических образований, чем Метагалактика.

Х. РАЗВИТИЕ ВСЕЛЕННОЙ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ КОСМОГЕНИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

1. Крушение старых космогонических гипотез

Космология XVIII в. уже утверждала бесчисленность звездных систем, объединенных в системы более высоких порядков, хотя исследование вселенной, основанное на наблюдениях, в это время не продвинулось за пределы наиболее близкой к Земле области нашего Млечного Пути. Представления этой эпохи о происхождении небесных тел, наиболее ярко и глубоко выраженные в гипотезах Канта и В. Гершеля, были направлены на объяснение возникновения и развития звезд и целых звездных систем из туманной материи. На основе же более точных исследований, использовавших результаты наблюдений, к этому времени могла быть поставлена и для своего времени удовлетворительно решена только проблема происхождения солнечной системы из туманной материи. Космогоническая гипотеза Лапласа, объясняющая происхождение Солнца и планет, в течение долгого времени пользовалась общим признанием.

Космогонические идеи Канта и в особенности Гершеля сложились на основе общих представлений об эволюции в природе. В них были отражены самые прогрессивные элементы этих представлений, в частности признавалось, что круговорот материи во вселенной так же вечен, как и сама вселенная, продолжаясь и в настоящее время. Этот круговорот не является привилегией каких-то давно прошедших времен, когда будто бы была создана и получила свое законченное воплощение видимая вселенная; существующие небесные тела, в частности звезды, имеют разный возраст, находятся на разных стадиях развития.

Глубокий разрыв между уровнем космологических представлений, воплотившихся в системе мира Ламберта, и уровнем наблюдательной астрономии, которая еще долго не могла с достаточной полнотой изучить строение «нашей» звездной системы, в значительной мере способствовал тому, что передовая мысль о продолжающемся звездообразовании была забыта. Космогония XIX в. по существу замкнулась в рамки гипотез о происхождении солнечной системы. Гипотезу Лапласа, остававшуюся незыблемой в течение всего века, можно было лишь условно, по аналогии, распространять на происхождение других звезд и обращающихся вокруг них планет.

В конце века гипотеза Лапласа пришла в явное противоречие с вновь полученными наблюдательными фактами. Было установлено, в частности, что отделение колец от первичной туманности могло происходить только в том случае, если центральная часть туманности — будущее Солнце — вращалась с очень большой скоростью, в сотни раз превышающей скорость вращения Солнца в современную эпоху. Вращение же первичной туманности, простиравшейся до пределов современной солнечной системы или еще дальше, должно было быть настолько медленным, что об отделении колец в это время вообще не могло быть и речи. Из гипотезы Лапласа вытекало также, что обращение планет вокруг Солнца и спутников вокруг планет должно происходить в одном направлении. Однако позже были открыты спутники, имеющие противоположное (обратное) движение. Самый же главный недостаток гипотезы Лапласа усматривался в том, что она не смогла объяснить необычайное распределение момента количества движения в солнечной системе между Солнцем и планетами*).

*) Момент количества движения материальной точки, обращающейся вокруг некоторого центра (или оси) по окружности, численно равен произведению количества движения (масса, умноженная на линейную скорость) на расстояние между точкой и центром (осью) вращения. Момент количества движения тела, вращающегося вокруг оси (Солнце, планета), вычисляется суммированием соответствующих моментов всех элементарных объемов, на которые условно разбивается тело. Для планет рассчитываются как

В результате произведенных расчетов выяснилось, что основная часть момента количества движения принадлежит планетам, на долю же Солнца приходится только его незначительная доля. Трудно было объяснить, каким образом Солнце, передав планетам при их образовании всего 0,13% своей массы, в то же время сообщило им почти весь свой момент количества движения (известно, что при отсутствии влияния внешних сил общий момент количества движения солнечной системы должен оставаться неизменным, может происходить только перераспределение момента между Солнцем, планетами, спутниками планет). Невозможность объяснения с точки зрения гипотезы Лапласа этих, а также и некоторых других противоречий привела к тому, что в конце XIX в. и особенно к началу XX в. эта гипотеза отошла в историю и уступила свое место другим гипотезам.

Однако, в свете современных знаний доводы за и против гипотезы Лапласа в известном смысле должны быть переоценены. В настоящее время существующее распределение момента количества движения между Солнцем и планетами уже не рассматривается как безусловное доказательство несостоятельности гипотезы Лапласа. Но в то же время признается несомненным, что истечение газа с экватора туманности при достаточно быстром ее вращении носило бы непрерывный и более или менее равномерный характер, газ рассеялся бы и отделения колец не произошло. Таким образом, некоторые аргументы против гипотезы Лапласа отпали, вместо них выдвинуты и обоснованы другие. Но несомненно то, что гипотеза Лапласа имеет выдающееся историческое значение, хотя она и не отражает реального процесса образования Солнца (или иных звезд) и планетной системы вокруг него.

В обстановке кризиса в естествознании, когда многими учеными утверждались конечность вселенной в пространстве и во времени и единственность нашей звездной системы, не было условий для создания теорий, ко-

моменты количества движения, связанные с обращением их вокруг Солнца, так и моменты, являющиеся результатом вращения планет вокруг своих осей.

горяе мотти
для звезд
взамен гипотезы
научно-астрономической
только предположили
были пригодны
ных систем
нечной системы
исключение и
форма антропоген
личные планет
происхождение
ким, а может
Именно тако
могониической
гласно кото
сти в солн
сформирова
именно Зем
ганизованн
менный ус
гипотеза а
на. В этой
спиральны
ных систе
Согласно
лась при
притяжен
вырвало
щества,
звезды о
таким о
ральных
спираль
цы — пл
лись пл
Гипотеза
спираль
*) А
рие, согл
высшим

которые могли бы объяснить общий процесс возникновения звезд. Многочисленные гипотезы, предложенные взамен гипотезы Лапласа, отражали эту ограниченность научно-астрономического мировоззрения, описывали только происхождение солнечной системы и едва ли были пригодны для объяснения происхождения планетных систем вообще. Таким образом, существование солнечной системы в этих гипотезах представлялось как исключение из общего правила. Новая, своеобразная форма антропоцентризма*) проявлялась в том, что наличие планет у Солнца оказывалось его привилегией, а происхождение планет, следовательно и Земли,—редким, а может быть, и единичным процессом в природе. Именно такое толкование проблемы содержалось в космогонической гипотезе французского астронома Фая, согласно которой превращение первоначальной туманности в солнечную систему протекало так, что Земля сформировалась раньше Солнца, откуда следовало, что именно Земля была первым материальным началом организованного творения природы. Некоторый кратковременный успех в начале XX в. имела космогоническая гипотеза американских ученых Чемберлина и Мультона. В этой гипотезе была сделана попытка истолковать спиральные туманности как стадии развития не звездных систем, а отдельных звезд, в том числе и Солнца. Согласно этой гипотезе, солнечная система образовалась при сближении двух звезд, в результате которого притяжение одной, очевидно более массивной, звезды вырвало из недр другой звезды (Солнца) сгустки вещества, которые при последующем удалении первой звезды образовали спиральные завитки вокруг Солнца; таким образом объясняется причина образования спиральных туманностей. При застывании вещества этих спиральных завитков в них образовались твердые частицы — планетезимали, из которых в дальнейшем развились планеты.

Гипотеза эта оказалась несостоятельной. Природа спиральных туманностей и их размеры, как известно,

*) Антропоцентризм — разновидность телеологии, ложное учение, согласно которому весь мир создан для человека, являющегося высшим существом вселенной.

совсем не такие, как это предполагалось в гипотезе Чемберлина и Мультона. Но и помимо этого она исходила из допущений, имеющих небольшую вероятность: маловероятным было уже самое сближение двух звезд. В конечном счете гипотеза Чемберлина — Мультона не получила признания, как не получили его и другие гипотезы, выдвигавшиеся примерно в это же время — «гипотеза захвата» американского астронома Си, «метеорные» гипотезы французских ученых Гюйара и Лигонде и др.

Наибольшую известность из всех гипотез происхождения солнечной системы, выдвинутых в первой четверти XX в., имела гипотеза английского астронома и физика Дж. Джинса (1877—1946). Джинс был одним из видных и выделявшихся своим литературным талантом представителей физического идеализма. Он, как и Чемберлин и Мультион, считал, что солнечная система возникла при прохождении вблизи Солнца какой-то другой звезды. При приближении звезды на поверхности Солнца образовались приливные выступы, один из которых в виде сигарообразной массы вещества оторвался от Солнца и в дальнейшем, при остывании вещества, распался на отдельные сгустки — будущие планеты. Ничтожная вероятность близких прохождений звезд была фактом, ставившим под сомнение справедливость гипотезы Джинса, но полностью ее не опровергала: можно было допустить, что в далеком прошлом пространство вокруг Солнца было плотнее заполнено звездами, в силу чего вероятность сближения звезд была больше. Потом, однако, выяснилось, что допущения Джинса не подтверждаются точными расчетами. В частности, советский ученый Н. Н. Парийский доказал, что вырванные сгустки материи должны были бы либо упасть обратно на Солнце, либо обращаться вокруг Солнца на расстояниях несравненно меньших, чем существующие расстояния планет. Также оказались несостоятельными и гипотезы Джинса, касающиеся развития звездных систем из газовых туманностей и образования двойных звезд путем деления одиночных звезд при их быстром вращении.

Крушение гипотезы Джинса послужило как бы основанием для создания в западноевропейской и, отчасти, американской науке целого ряда космогонических гипотез, из которых, однако, ни одна не получила сколько-нибудь широкого признания. Тенденция объяснения происхождения солнечной системы вне общей проблемы происхождения звезд и звездных систем в это время уже не могла быть оправдана. Достигнутый уровень знаний о природе звезд, об их движении и распределении в Галактике, выяснение звездно-диффузной природы далеких туманностей — все это давало возможность начать более общие исследования путей звездной эволюции и происхождения звездных систем. Важным этапом в этом направлении было уже создание диаграммы «спектр — светимость», осуществленное Герцшпрунгом и Рёсселом в 1905—1913 гг.

2. Звездные ассоциации и проблема происхождения звезд

Историческое значение диаграммы Герцшпрунга — Рёссела чрезвычайно велико. В последующих исследованиях она послужила материалом для многих важных заключений о природе звезд различных типов, о путях их эволюции и, прежде всего, для открытия и обоснования различных зависимостей между физическими характеристиками звезд. Уже один из авторов диаграммы, Рёссел, придавал ей прямой эволюционный смысл, предполагая, что каждая звезда в своем индивидуальном развитии проходит последовательно через обе основные ветви диаграммы, оказываясь на разных стадиях эволюции и гигантом и карликом различных спектральных классов.

Однако такое объяснение диаграммы «спектр — светимость» не было единственным. Отрицая эволюционный характер зависимости, можно было допустить, что звезды с момента своего образования обладают теми разнообразными характеристиками, которые наблюдаются у них в настоящее время. При этом звезды могли образоваться как одновременно, так и в различное

время. Вообще диаграмма «спектр — светимость» не может ответить на вопрос: образовались ли все звезды в одно время, или процесс звездообразования продолжается и в настоящую эпоху? Даже доказательство эволюционного характера зависимости «спектр — светимость» не опровергло бы концепцию единовременного происхождения всех звезд в Галактике или даже всех звезд во вселенной. Различное состояние звезд в настоящее время можно было бы объяснить тем, что, возникнув одновременно, звезды в дальнейшем эволюционируют различными темпами и как бы «расползаются» по диаграмме «спектр — светимость».

Рёссел разделял прогрессивную точку зрения о разновременном возникновении звезд. Но окончательно это предположение о продолжающемся в настоящее время звездообразовании в нашей и в других галактиках получило полное обоснование только за последние полтора десятилетия, когда советский астроном В. А. Амбарцумян доказал существование объединений молодых звезд, по своим особенностям резко отличающихся от всех иных звездных скоплений.

В системы таких объединений, получивших наименование звездных ассоциаций, входят звезды, сходные по своим физическим признакам, в частности звезды-гиганты с высокими температурами. Несмотря на то, что, как уже отмечалось, гигантских звезд в Галактике несравненно меньше, чем карликов, в ассоциациях десятки гигантских звезд собраны в сравнительно небольших объемах пространства, поперечником в 200—500 световых лет. Изучение движений звезд, входящих в ассоциации, приводит к выводу, что звезды «расходятся» и ассоциации расширяются. Теоретические соображения говорят о том, что такие объединения звезд не могут быть устойчивыми, а непосредственные расчеты показывают, что звезды из ассоциаций уходят настолько быстро, что за время, измеряемое всего лишь десятками миллионов лет, все звезды должны покинуть ассоциацию. Из этого следует, что видимые в настоящее время ассоциации, а значит, и звезды в них являются молодыми образованиями, существующими во всяком случае не дольше нескольких десятков миллионов лет. Эти

соображения являются доказательством того, что звездообразовательный процесс в нашей звездной системе не закончился и продолжается в настоящее время.

Существует и другое доказательство молодости звезд-гигантов, входящих, в частности, в звездные ассоциации.

Звезды-гиганты излучают энергию с огромной интенсивностью. Всякое же излучение связано, как известно, с некоторой потерей массы. Для Солнца, например, эта потеря массы измеряется миллионами тонн в секунду, но она ничтожна по сравнению со всей массой Солнца, составляющей $2 \cdot 10^{27}$ тонн. Продолжая излучать с той же интенсивностью, Солнце за миллиард лет потеряет ничтожную (примерно одну двадцатипятитысячную) часть своей массы. Звезды-гиганты излучают в единицу времени в тысячи раз больше энергии, чем Солнце, и потеря массы у них соответственно больше. В то же время общая масса звезд-гигантов, как указывалось выше, превосходит массу Солнца лишь в небольшое число раз. Излучая с такой расточительностью, гиганты в ассоциациях уже за немного миллионов лет должны потерять большую часть своей массы. Следовательно, и существовать в виде звезд-гигантов эти небесные светила могут лишь в течение немногих миллионов лет.

Таким образом, и изучение движения звезд-гигантов в ассоциациях, и соображения, вытекающие из анализа интенсивности их излучения, приводят к согласному выводу, что эти звезды возникли сравнительно недавно и притом связаны общим, групповым происхождением.

Исследования показывают, что возраст Земли как планеты составляет несколько миллиардов лет. Следовательно, и возраст Солнца — не меньше. Безусловно, что многие звезды, физически сходные с Солнцем, имеют такой же или, возможно, еще больший возраст. Значит, существующие сейчас звезды возникали в разное время и многие — совсем недавно.

Существуют звездные ассоциации, содержащие чрезвычайно горячие звезды, у которых, помимо потери массы через излучение, происходит непрерывное очень интенсивное выбрасывание вещества в окружающую межзвездную среду. Эти звезды еще более молоды.

Ассоциации звезд-гигантов (так называемые О-ассоциации) не являются единственной разновидностью звездных ассоциаций. Наряду с ними открыты ассоциации, состоящие из звезд-карликов (Т-ассоциации). Изучение движений входящих в их состав звезд приводит к тому же выводу о недавнем групповом возникновении таких звезд. Следовательно, в природе происходит постоянное формирование как звезд-гигантов, так и звезд-карликов.

Звездные ассоциации имеются не только в нашей Галактике. О-ассоциации обнаружены также и в спиральных галактиках, и в галактиках неправильной формы. Т-ассоциации, вследствие меньшей светимости входящих в них звезд, в других галактиках пока обнаружены быть не могут. Исследования советских ученых Г. А. Шайна и В. Ф. Газе показали, что ассоциации (и в Галактике, и в других звездных системах) тесно связаны с водородными туманностями. В связи с этим представляет интерес выяснить, не является ли вещество этих туманностей материалом, из которого в ассоциациях образуются звезды. Мысль о том, что звезды образуются путем сгущения вещества газовых и газопылевых туманностей, уже высказывалась некоторыми учеными (об этом речь будет идти ниже). Однако в последние годы высказана и иная точка зрения, согласно которой и звезды и туманности формируются одновременно из одного и того же первичного материала.

В. А. Амбарцумян полагает, что природа этого материала, который он условно называет протозвездами, глубоко отлична от природы всех известных нам небесных тел. Протозвезды должны обладать огромными массами, так как из каждой из них образуется целая группа звезд и туманность. Но из этого вовсе не следует, что протозвезды должны обладать большими размерами. Наоборот, скорее можно полагать, что они имеют малые размеры, но являются сверхплотными телами, вещество в которых обладает необычными свойствами и, в частности, способностью заключать в себе огромные количества энергии в потенциальном состоянии. После образования звезд и туманностей из вещества протозвезд эта энергия превращается в кинетиче-

скую энергию расширения возникающей группы звезд и туманности. Г. А. Шайн на основании своих исследований звезд и газовых туманностей также пришел



Григорий Абрамович Шайн (1892—1956).

к предположению, что и те и другие образуются совместно в общем процессе эволюции материи во вселенной.

Однако открытие звездных ассоциаций и установление молодости входящих в их состав звезд и происходящего в них звездообразования не является доказатель-

ством того, что звезды формируются только в ассоциациях. Высказывались и высказываются предположения, что звезды могут формироваться как группами, так и одиночно не только в ассоциациях, но и в звездных скоплениях разных масштабов, включая и огромные звездные облака, образующие Млечный Путь.

Недавно открытые небесные тела, получившие названия объектов Хербига — Аро (по имени астрономов, впервые обнаруживших их на фотогографиях, снятых в красных лучах) и имеющие вид слабых звезд, окруженных туманными оболочками, также, по-видимому, являются очень молодыми образованиями. Возможно также, что звезды развиваются из глобул.

О происхождении диффузной материи, в частности водородных туманностей, высказывались также различные предположения. Некоторые астрономы, и в числе их известный советский астрофизик Б. А. Воронцов-Вельяминов, считают, что материалом, из которого формируются такие туманности, является вещество, выбрасываемое горячими звездами. Однако это предположение сталкивается с большими трудностями: с одной стороны, массы туманностей огромны в сравнении с массами самых тяжелых звезд; с другой стороны, горячие звезды могут интенсивно выбрасывать материю только в течение ограниченного периода времени. По-видимому, горячие звезды являются источником образования светлых водородных туманностей, но не единственным.

Во всяком случае связи между звездной материей и диффузной материей в Галактике очень сложны и многообразны. Можно считать бесспорным, что между этими двумя формами материи во вселенной существует теснейшая генетическая связь даже и в том случае, если звезды первоначально образовались из каких-то иных форм материи. Современные исследования в области эволюции звезд в наибольшей степени связаны именно с вопросом о роли диффузной материи в ходе развития звезд разных типов.

Исследования звездных ассоциаций разных типов свидетельствуют о том, что звезды могут возникать и как гиганты с большой массой, и в виде карликов с ма-

звезд могут
сформироваться
начальных
звезд состоят
тении. Без
типов звезд
ных условий
звезд.

Так как
связано с р
ние их на
иных форм
жительным
стадия ус
чительной
номерного
наше Сол
было бы
вообще в
было бы
ных хара
дящихся
ид, непр
вых звезд
возникш
шие ста
Солнце.
Мож
виваются
уменьше
сывание
В этом
тельно,
звезда-г
длитель
разных
слабым

лой массой, т. е. начальные условия возникновения звезд могут быть различными. Но и звезды, имевшие одинаковые начальные условия, могут проходить различные пути эволюции. Именно в сложности выявления начальных условий и путей дальнейшего развития звезд состоит основное затруднение современной космогонии. Безусловно, что наблюдаемое ныне многообразие типов звезд является результатом и различия начальных условий и различий в ходе последующей эволюции звезд.

3. Пути развития звезд

Так как существование массивных и горячих звезд связано с расточительной потерей массы, то и пребывание их на этой стадии развития, после образования из иных форм материи, очевидно, не может быть продолжительным. Вскоре наступает чрезвычайно длительная стадия устойчивого существования, связанная с незначительной потерей массы в результате практически равномерного излучения. На этой стадии находится сейчас наше Солнце. Таков удел всех звезд типа Солнца, но было бы ошибочным полагать, что так эволюционируют вообще все звезды. При таком допущении невозможно было бы объяснить наблюдаемое многообразие звездных характеристик и в особенности обилие звезд, находящихся в неустойчивом состоянии, в частности, цефеид, неправильных переменных звезд, новых и сверхновых звезд. Следовательно, многие звезды, первоначально возникшие в виде массивных горячих звезд, последующие стадии своей эволюции проходят иначе, чем Солнце.

Можно допустить, что звезды некоторых типов развиваются в дальнейшем в условиях продолжающегося уменьшения массы, вызываемого излучением и выбрасыванием вещества в окружающее пространство. В этом случае уменьшается и температура, а следовательно, и интенсивность излучения звезды. В итоге звезда-гигант со временем (конечно, это будет очень длительный период времени, хотя и неодинаковый для разных звезд) превратится в звезду-карлика с очень слабым излучением. Однако может случиться и так, что

звезда, потерявшая большую или меньшую часть своей первоначальной массы и соответственно остывшая, может пополнить свою массу за счет происходящего (в известных условиях) взаимодействия с межзвездной средой, в результате чего звезда вновь разогревается. Обе эти гипотезы эволюции звезд, так же как и ряд других, предусматривающих более сложные взаимодействия между звездами и межзвездной материей, разрабатываются современными исследователями. Выяснилось, что различные схемы с большим или меньшим приближением к истине отражают процессы развития звезд разных типов. Окончательно этот вопрос еще не решен.

Подтверждением этого многообразия в развитии звезд является существование белых карликов. Таких звезд, по-видимому, сравнительно немного, и их нельзя считать последней стадией эволюции всех звезд. В настоящее время известно не более нескольких сотен белых карликов, но это в значительной мере объясняется тем, что они имеют невысокую светимость и обнаруживаются с большим трудом; действительное количество их в Галактике значительно больше. Совсем недавно (в 1961 г.) астрономы Бюраканской обсерватории (Армянская ССР) обнаружили целое скопление белых карликов в созвездии Лир, на расстоянии около 800 световых лет от солнечной системы. Можно полагать, что со временем будут обнаружены и другие скопления этих необычных звезд. Однако белые карлики скорее всего, являются результатом эволюции звезд некоторых типов.

Следует считать окончательно опровергнутым существовавшее ранее мнение, что все звезды рано или поздно вспыхивают как новые звезды. Это мнение основывалось на следующих соображениях. Статистические исследования показывают, что количество вспышек новых звезд, имевших место в Галактике за миллиард лет, чрезвычайно велико и даже превышает общее количество звезд в нашей звездной системе. Поскольку не было ничего известно о возможности повторных вспышек одних и тех же звезд, некоторые астрономы пришли к заключению, что на некоторой стадии своей эво-

31
...вспыхивают
были обнаружены
звезд, а затем
вспышек приходится
числа звезд. Хотя
звезд еще во ми
ложение, что пр
именно с процес
вых и, возможно

В общих чер
следующий вид
звездами устой
уже миллиарды
гие миллиарды
Земле и жизни
вания Солнца
зических хар
системы, а та
ные геологи
ние 4—5 м
Солнца — его
ски не измен

По пред
известного
в свое врем
гигантом, и
по-видимо
своего су
каким он
ко раз бо
временну
и его по
гиганта
ного рас
посредст
во — ма
первона

*) Ис
О. Л. Ст
большими
шие (на

люции вспыхивать должны все звезды. Однако позже были обнаружены повторные вспышки некоторых новых звезд, а затем и доказано, что огромное количество вспышек приходится на долю сравнительно небольшого числа звезд. Хотя физическая природа явления новых звезд еще во многом неясна, но высказывается предположение, что происхождение белых карликов связано именно с процессами, происходящими при вспышках новых и, возможно, сверхновых звезд.

В общих чертах эволюция звезд типа Солнца имеет следующий вид. Звезды, подобные Солнцу, являются звездами устойчивыми; их стабильное состояние длится уже миллиарды лет и таким же сохранится еще на многие миллиарды лет. В течение еще долгого времени Земле и жизни на ней не грозит опасность из-за остывания Солнца или изменения каких-либо других его физических характеристик. Наличие у Солнца планетной системы, а также факты из истории Земли, установленные геологией, свидетельствуют о том, что за последние 4—5 миллиардов лет основные характеристики Солнца — его температура, масса, размеры — практически не изменились.

По предположению ряда астрономов, в частности известного советского астронома А. Г. Масевич, Солнце в свое время сформировалось как звезда-гигант. Сверхгигантом, подобным Бетельгейзе или Антаресу, Солнце, по-видимому, никогда не было. Однако тогда, на заре своего существования, Солнце было далеко не таким, каким оно является теперь. Его диаметр был в несколько раз большим, чем сейчас, светимость превышала современную в 1000—2000 раз, соответственно выше была и его поверхностная температура. Но стадия звезды-гиганта была непродолжительной. В результате двойного расхода вещества — потерь при излучении и непосредственных выбросов в межзвездное пространство — масса Солнца и скорость его осевого вращения, первоначально огромная*), уменьшались очень быстро.

*) Исследованиями Г. А. Шайна и американского астронома О. Л. Струве установлено, что гигантские звезды, обладающие большими массами, имеют огромные скорости вращения, достигающие (на экваторе) сотен километров в секунду.

Значения массы, скорости вращения, светимости Солнца стали очень близкими к современным.

Постепенно на некоторых из планет, образовавших солнечную систему, возникли условия, благоприятные для зарождения органической жизни и развития ее вплоть до наиболее совершенных форм. Но для этого, как видно на примере Земли, потребовались миллиарды лет.

Для уяснения закономерностей происхождения и развития звезд наибольший интерес представляют переменные звезды, так как наблюдаемые в них изменения отражают поворотные этапы их развития. Эти звезды благодаря своей высокой светимости являются и более доступными для наблюдений.

Благодаря исследованиям советских и иностранных ученых было установлено, что существование звездных подсистем, содержащих звезды, имеющие сходные физические характеристики, обусловлено общностью их происхождения и общими условиями развития и взаимодействия с окружающей межзвездной средой. Галактика может быть уподоблена сложнейшему растительному сообществу — гигантскому лесу, в котором растут деревья разных пород и разного возраста. По физическим особенностям деревьев той или иной породы, по скорости их роста, которая может быть замечена и в настоящее время, и в особенности по тем изменениям в состоянии деревьев, которые происходят в процессе их роста, можно судить о том, когда появилось то или иное дерево над земной поверхностью, установить особенности развития деревьев различных пород. При этом может оказаться, что отдельные гигантские секвойи значительно моложе, чем некоторые деревья низкорослых пород. Однако эта аналогия между Галактикой и лесом — упрощенная. Как ни сложен состав леса по множеству и многообразию имеющихся в нем древесных пород, но все деревья растут, не изменяя своего взаимного расположения — деревья не перемещаются в процессе роста. Галактика же и входящие в нее подсистемы и иные структурные образования находятся в постоянном сложном движении. Поэтому выделить в Галактике сходные по своим характеристикам объекты неизмеримо труднее, чем в самом дремучем лесу.

В 1944
ния строе
выводу,
ному ра
типам. В
вах, но
сверхгига
звезды, с
первого
и пылев
ставител
ся корот
звезды э
ровых с
ной плос

Таким
входящи
лежат
типа. О
распреде
мы, по
населен
простра
пов поб
(звездн
ставляя
и про
звездн
Угл
щих в
систем
вание
ния об
подсис
жает с
лактик
совоку
свою
други
галак
ского

В 1944 г. В. Бааде, на основе сравнительного изучения строения нашей и ряда других галактик, пришел к выводу, что все звезды в них по своему пространственному распределению принадлежат к двум основным типам. В плоскости Галактики (в ее спиральных ветвях, но не в центральном ядре) располагаются белые сверхгиганты, долгопериодические цефеиды и другие звезды, образующие в совокупности звездное население первого типа; к этому типу принадлежат также газовые и пылевые туманности. Наиболее характерными представителями звездного населения второго типа являются короткопериодические цефеиды, субкарлики и др.; звезды этого типа наблюдаются в ядре Галактики, шаровых скоплениях и могут находиться далеко от главной плоскости Галактики.

Таким образом, как будто оказывалось, что звезды, входящие в ту или иную звездную подсистему, принадлежат к звездному населению первого либо второго типа. Однако дальнейшее изучение пространственного распределения звезд, входящих в различные подсистемы, показало упрощенность деления всего звездного населения на два типа. Наблюдаемое многообразие пространственного распределения звезд различных типов побудило выделить, кроме плоской составляющей (звездное население первого типа) и сферической составляющей (звездное население второго типа), также и промежуточную составляющую. О составляющих звездной системы речь уже шла выше.

Углубленное изучение отдельных подсистем, входящих в разные составляющие, и в первую очередь подсистем переменных звезд, показало, что если существование подсистем обусловлено общностью происхождения образующих их звезд, то и концентрация самих подсистем в той или иной составляющей также отражает общность их развития в процессе становления галактики. Таким образом, галактики развивались как совокупности многочисленных «подсистем», которые в свою очередь формировались как совокупности звезд и других космических образований, возникавших внутри галактик в те или иные эпохи их отдаленного космического прошлого. Но и сами галактики являются только

элементом в совокупности космических систем, образующих систему более высокого космического порядка. Поэтому в наше время приобретает большое значение вопрос о путях происхождения и развития галактик, их скоплений и сверхгалактик.

4. Некоторые другие вопросы космогонии

Существование трех типов галактик — спиральных, эллиптических и неправильных — современная астрономия рассматривает как результат различного их происхождения, возраста и путей развития.

Спиральные галактики характерны наибольшим многообразием космического населения. В них в изобилии представлены звезды огромных светимостей, т. е. молодые звезды, которые присутствуют также и в неправильных галактиках, но совершенно не наблюдаются в галактиках эллиптических. Таким образом, можно думать, что эллиптические галактики являются носителями более древнего звездного населения, чем галактики спиральные и неправильные. Это еще не значит, что сами эллиптические галактики как звездные системы образовались раньше, чем галактики других типов: как различны пути развития звезд, так различны и пути и космические сроки развития галактик разных типов и продолжительность стадий этого развития. Но вполне возможно, что эллиптические галактики, наблюдаемые ныне, прошли к нашему времени более длительную эволюцию, чем галактики других типов, а этим определяется и современный в достаточной степени обедненный состав их космического населения.

Законченная теория возникновения и развития галактик еще не создана, но и сейчас, как уже можно думать, наличие скоплений галактик свидетельствует в пользу того, что они формируются не в одиночку, а группами, подобно тому как группами образуются звезды из других форм материи.

При каких же условиях происходит формирование новых галактик, происходит ли оно и в наше время в пределах Метагалактики? Есть предположение, что галактики образуются в результате конденсации меж-

галактической
существующих
ние галактик —
то нет никаких
должающегося
Проблема
время рассмат
нии, основная
исхождения и
нение происхо
общим вопрос
етных систем
ственные набл
При помощи с
деть темные с
звезд далеких
раз больше,
стемы.

Однако им
ния спутнико
нета (или сис
яркой звезды
в ее движен
прямолинейн
торых из бл
нии у этих з
велики и до
массы Солн
это еще не
но, что и у
ника, в дей
ко: наблюда
столько мал
с достоверн
стояния бл
жении, выз
нет, также
ного крупн
полтора Р
суммарная
системы).

галактической материи, увлекаемой движением уже существующих галактик. Так как этот фактор — движение галактик — остается в силе и в современную эпоху, то нет никаких оснований отрицать возможность продолжающегося процесса образования новых галактик.

Проблема происхождения солнечной системы в наше время рассматривается как частная проблема космогонии, основная задача которой состоит в выяснении происхождения и развития звезд и звездных систем. Выяснение происхождения Земли и планет связано с более общим вопросом — о распространенности планет и планетных систем во вселенной; на этот вопрос непосредственные наблюдения пока еще не дают прямого ответа. При помощи существующих телескопов невозможно видеть темные спутники у ближайших звезд (тем более у звезд далеких), даже если они по размерам во много раз больше, чем крупнейшие планеты солнечной системы.

Однако имеется другой, косвенный метод обнаружения спутников звезд. Более или менее массивная планета (или система планет) при своем обращении вокруг яркой звезды вызывает периодические неправильности в ее движении. Такие неправильности (отклонения от прямолинейного движения) были обнаружены у некоторых из близких звезд, что привело к выводу о наличии у этих звезд темных спутников. Массы этих планет велики и должны составлять десятые или сотые доли массы Солнца. Конечно, одиночные спутники у звезд — это еще не планетные системы. Однако вполне возможно, что и у звезд, для которых доказано наличие спутника, в действительности их может оказаться несколько: наблюдаемые неправильности в движении звезд настолько малы, что нет возможности решить этот вопрос с достоверностью. Если бы Солнце наблюдалось с расстояния ближайшей звезды, то отклонения в его движении, вызываемые совместным притяжением всех планет, также можно было бы объяснить притяжением одного крупного спутника, имеющего массу, примерно в полтора раза большую, чем масса Юпитера (такова суммарная масса всех планет и «малых тел» солнечной системы).

Если согласиться с гипотезой образования звезд из газовой-пылевой среды в результате ее уплотнения, то есть все основания считать, что и планеты образовались из того же первичного материала. Существующие некоторые различия в химическом составе планет солнечной системы и звезд (в частности, Солнца), прежде всего малое содержание у планет легких элементов, в рамках этой гипотезы могут быть объяснены тем, что первоначально существовавшие у планет водородные атмосферы в дальнейшем были потеряны. В эпоху же своего формирования планеты по своему составу и, в частности, по обилию водорода не отличались от Солнца. В данной гипотезе находит объяснение закономерность солнечной системы, которая не могла быть объяснена прежними космогоническими гипотезами, а именно необычное распределение момента количества движения между Солнцем и планетами: большим моментом количества движения планеты обладали уже со времени своего зарождения из диффузной материи. Эта гипотеза впервые была высказана в 1919 г. советским ученым В. Г. Фесенковым, и в настоящее время, в свете современных космогонических взглядов, она представляется вполне правдоподобной.

Это не значит, конечно, что можно уже считать выясненными все стороны процесса формирования планет. Но изучение этого вопроса значительно продвинулось вперед, главным образом благодаря работам советских ученых.

О. Ю. Шмидт (1891—1956) при участии коллектива ученых — астрономов, геологов и геофизиков — разработал другую гипотезу образования солнечной системы, согласно которой Солнце в отдаленном прошлом при своем странствовании в Галактике прошло сквозь облако пылевой (метеоритной) материи и захватило часть этого облака. Такой захват мог произойти только с участием третьего тела — близко проходившей звезды. В захваченном облаке, согласно гипотезе Шмидта, в результате взаимных столкновений и объединения пылевых частиц образовались отдельные сгущения, ставшие центром притяжения для окружающих частиц. Так постепенно формировались планеты, причем усло-

Вид этого 400-
стояния от Со
их сгущения

заключенны
неты Мерку
размеров,
11 ю. г. Пер

вия этого формирования были различны на разных расстояниях от Солнца. Вблизи от него частицы материи и их сгущения прогревались солнечными лучами и теряли



Отто Юльевич Шмидт (1891—1956).

заклученные в них газы. Здесь сформировались планеты Меркурий, Венера, Земля, Марс — тела небольших размеров, но более плотные, чем другие планеты. На

больших расстояниях от Солнца, где не было прогревания и связанной с ним потери газов, образовались крупные планеты — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, — имеющие малую плотность и обширные газовые атмосферы.

Гипотеза Шмидта удовлетворительно объясняет как распределение момента количества движения между Солнцем и планетами, так и многие другие закономерности солнечной системы и, в частности, то, что не получило объяснения в прежних гипотезах — разделение больших планет на две группы (планеты «типа Земли» и «типа Юпитера») по их физико-химическим признакам.

Научная критика расценила гипотезу Шмидта как значительный этап в разработке планетной космогонии. Однако правдоподобность захвата пылевого облака Солнцем при участии третьего космического тела — проходящей звезды — была поставлена под сомнение. Возможность такого захвата доказана, но вероятность его оказалась чрезвычайно малой, так что с его помощью нельзя было бы объяснить существование большого числа планетных систем в Галактике. Представляется гораздо более вероятным, что и Солнце и планеты образовались совместно, из одного и того же облака диффузной материи. Таким образом, гипотеза Шмидта, освобожденная от ошибочной предпосылки, также может быть истолкована в том смысле, что планетные системы — не редкое явление во вселенной и планеты образуются совместно со звездами, вокруг которых они обращаются.

Из других современных гипотез происхождения Земли и планет следует отметить гипотезу шведского ученого Альвена. В ней также предполагается, что планеты образовались из рассеянного межзвездного вещества, приближавшегося к Солнцу под действием его тяготения. Под влиянием как механических, так и (главным образом) магнитных сил, порождаемых Солнцем, частицы рассеянного вещества сконденсировались в крупные тела — будущие планеты и их спутники. При этом весь свой момент количества движения планеты получили от Солнца, которое на этой стадии своего

41
развития име
момент коли
настоящее
Альвена пр
пока не в
планет на
рошо разьяс
В настоя
планетные с
неты) имеют
звезд. Одна
мости плане
все планеты
сителями в
о жизни во
щена заклю
В 1955
научной ко
труде И. К
астрономии
солнечная с
определени
ни». Это бы
териалистич
уже крупны
ставлений,
с идеей эв
научная ко
уяснению о
и развития
даря непре
можностей,
мирового п
мических с
одоление а
метафизиче
развития в
лизма, прох
сти астроно
однако, инн
11*

развития имело очень быстрое вращение, так что его момент количества движения был не меньшим, чем в настоящее время у всей солнечной системы. Гипотеза Альвена привлекла к себе большое внимание. Но она пока не в состоянии объяснить разделение больших планет на две группы, которое, как указано выше, хорошо разъясняется в теории О. Ю. Шмидта.

В настоящее время можно считать доказанным, что планетные системы (по крайней мере одиночные планеты) имеются не только у Солнца, но и у ряда других звезд. Однако этим еще не решается вопрос об обитаемости планет. Исследования показывают, что далеко не все планеты могут быть обитаемы и тем более быть носителями высших форм органической жизни. Вопросу о жизни во вселенной и ее распространенности посвящена заключительная глава книги.

В 1955 г. исполнилось 200 лет со времени создания научной космогонии, начало которой было положено в труде И. Канта. В начале второй половины XVIII в. в астрономии стали развиваться идеи эволюции: Земля и солнечная система впервые начали рассматриваться, по определению Ф. Энгельса, как нечто «ставшее во времени». Это было в то время блестящим достижением материалистической науки: естествознание, достигшее уже крупных успехов в рамках метафизических представлений, перешло в новую фазу развития, связанную с идеей эволюции природы. Но только в наше время научная космогония смогла вплотную приблизиться к уяснению объективных закономерностей происхождения и развития небесных тел. Это стало возможным благодаря непрерывному расширению познавательных возможностей, накоплению фактических знаний о глубинах мирового пространства и природы заполняющих его космических объектов. Для этого необходимо было преодоление агностицизма, а также идеалистических и метафизических тенденций при изучении строения и развития вселенной. Но борьба материализма и идеализма, проходящая через всю историю науки, в частности астрономии, продолжается и в нашу эпоху, приняв, однако, иные формы. Современные представления об

устройстве вселенной утверждаются в борьбе с «теориями», внешне облеченными в форму научных концепций, но основанными на идеалистическом, реакционном толковании устанавливаемых наукой фактов.

5. Новейшие достижения в изучении строения и развития вселенной

В предшествующей главе были изложены сведения о строении видимой вселенной, накопленные наукой за длительное время, включая и большую часть первого десятилетия второй половины XX века. В настоящей главе в тех же хронологических рамках освещены данные о происхождении и развитии небесных тел и их систем. В самые последние годы достигнуты и быстро прогрессируют новые успехи в познании вселенной. Характерной особенностью современного этапа развития науки является то, что проблема строения вселенной рассматривается в нераздельном единстве с проблемой происхождения и развития небесных тел и их систем. Новые факты, новые закономерности в строении видимой вселенной расцениваются и истолковываются прежде всего с точки зрения их космогонического значения, рассматриваются как новый материал для выяснения закономерностей развития вселенной.

Выше уже говорилось о многообразии галактик. Но все-таки до совсем недавнего времени оно представлялось значительно более ограниченным по сравнению с великим многообразием звезд. В настоящее время совершенно несомненно, что мир галактик столь же многообразен, как и мир звезд.

Это положение особенно ярко иллюстрируется различиями в размерах и светимостях галактик. Такие гигантские галактики как NGC 4874, NGC 4889, галактика в созвездии Андромеды имеют диаметры, измеряемые многими десятками тысяч парсек (даже при умеренном увеличении шкалы внегалактических расстояний) и содержат сотни миллиардов звезд. Абсолютная звездная величина некоторых из таких галактик достигает —22-й звездной величины. В то же время другие галактики, к числу которых относятся, например, сравнительно

близкие к нашей звездной системе галактики в созвездиях Скульптора и Льва, имеют диаметры лишь в сотни парсек и включают в себя немногие миллионы звезд. Их абсолютная звездная величина не превышает —11-й звездной величины. Такие галактики по размерам и



Гигантская галактика NGC 5128.

количеству содержащихся в них звезд приближаются к шаровым звездным скоплениям. Наконец, галактика в созвездии Козерога содержит несколько десятков тысяч звезд — значительно меньше, чем обычное шаровое скопление в нашей галактике, а ее абсолютная звездная величина (—6,5) значительно меньше, чем абсолютная величина одной такой звезды как S Золотой Рыбы.

Но такие галактики с большим трудом могут быть обнаружены даже на сравнительно близких расстояниях. Реальное же их количество, вероятно, велико.

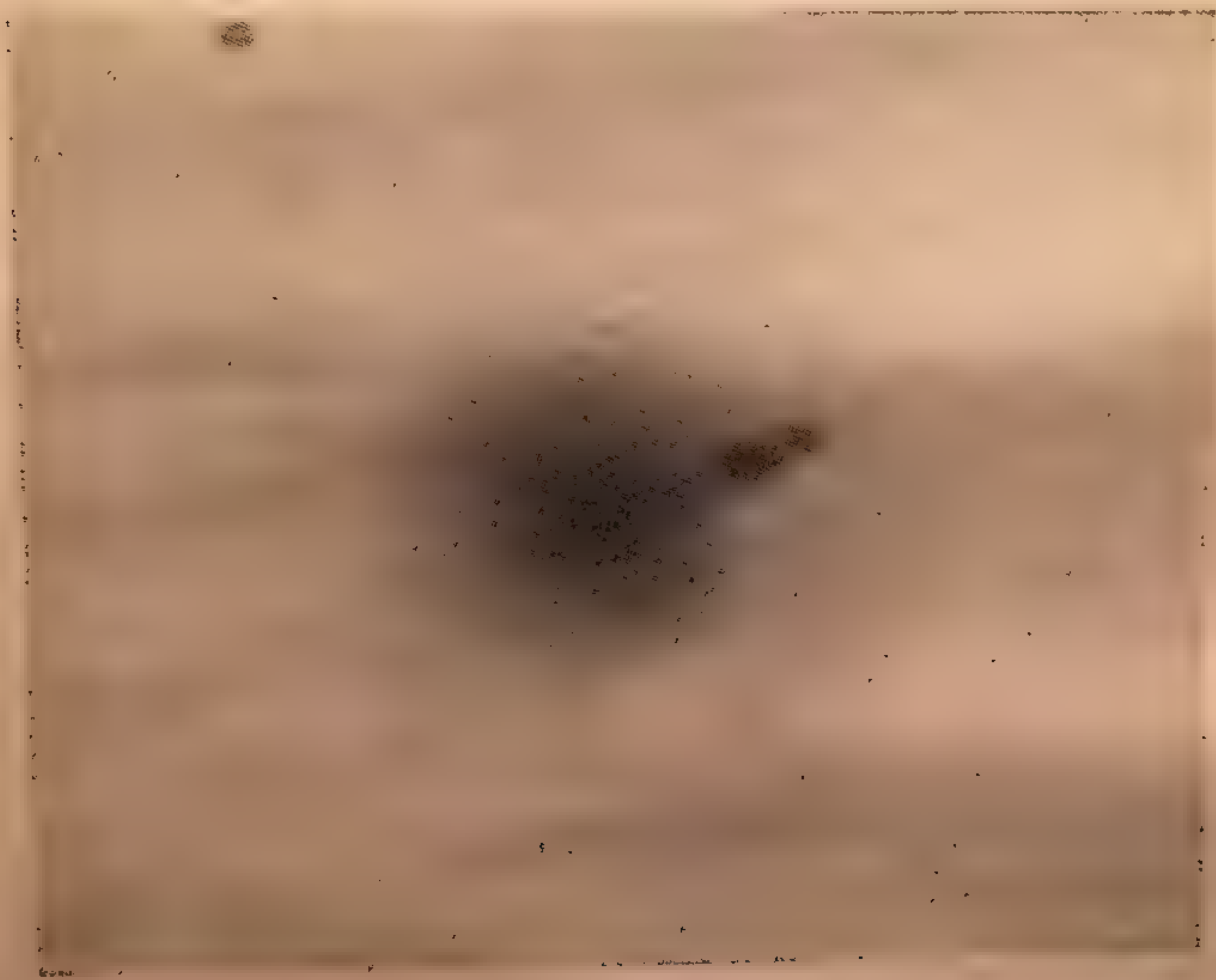
Таким образом сверхгигантские галактики по объему и количеству содержащихся в них звезд превосходят карликовые галактики в миллионы и даже в десятки миллионов раз.

Несмотря на большие различия в составе звездного населения галактик, масса каждой из них в первую очередь определяется количеством входящих в нее звезд. Поэтому различия в массах галактик столь же велики, как и различия в их размерах и светимостях; они несравненно больше, чем различия в массах звезд. Верхние пределы масс известных галактик значительно превышают массу нашей Галактики и даже галактики в созвездии Андромеды. Так, исследование скопления галактик в созвездии Волос Вероники, заключающего в себе около 800 звездных систем, привело к выводу, что масса каждой из них составляет в среднем 400 миллиардов солнечных масс. В скоплении галактик в созвездии Геркулеса, находящемся на расстоянии 500 млн. световых лет, было выделено (из большого количества объектов) 75 ярких галактик со средней массой, равной триллиону солнечных масс. В то же время массы карликовых галактик определяются немногими миллионами солнечных масс.

В основу классификации галактик, построенной в свое время Хабблом, было положено различие в форме галактик: в то время наблюдательные средства позволяли изучать главным образом именно форму галактик. В настоящее время, когда оказалось возможным выявить более глубокие различия в природе галактик, предпринимаются попытки создать новую их классификацию, основанную в первую очередь на различиях в их размерах и светимости.

Среди открытий последнего десятилетия, привлекавших к себе особое внимание, должно быть отмечено открытие некоторых галактик, являющихся источниками необычайно мощного радиоизлучения. Так, радиоизлучение, воспринимаемое на Земле от гигантской галактики в созвездии Лебедя (Лебедь А), примерно равно

радиоизлучению, получаемому от Солнца. Если учесть, что расстояние до Лебеда А (около 300 миллионов световых лет) превышает расстояние до Солнца в двадцать триллионов раз, то окажется, что реальное радиоизлучение Лебеда А в 10^{25} — 10^{26} раз более мощно, чем радиоизлучение Солнца.



Радиогалактика NGC 4436 и выброс материи из ее центральной части

Если обычное радиоизлучение галактик связано с наличием в этих галактиках облаков релятивистских (т. е. движущихся со скоростями, сравнимыми со скоростью света) электронов, то необычайно мощное радиоизлучение некоторых галактик требует объяснения. Предполагалось, что каждая из таких галактик представляет собой две сталкивающиеся галактики, а происходящее при этом «выметание» межзвездной материи и является источником радиоизлучения огромной интенсивности.

Однако дальнейшие исследования не подтвердили этого предположения. Все радиогалактики относятся к числу гигантских и сверхгигантских звездных систем (хотя составляют в числе их небольшую часть). Так как средних, карликовых и промежуточных галактик несравненно больше, чем гигантских, то трудно объяснить, почему сталкиваются только гиганты внегалактического мира. Представляется более вероятным, что радиоизлучение галактик, в том числе и особенно мощное радиоизлучение некоторых из них — это этап (и по-видимому короткий) в процессе развития наиболее крупных звездных систем.

На первых этапах развития внегалактической астрономии представление о взаимоизолированности галактик было вполне закономерным. Хотя галактики расположены в пространстве значительно теснее, чем звезды, тем не менее расстояния между ними во много раз превышают их линейные диаметры. Вплоть до последних лет ничто не свидетельствовало о физических взаимодействиях галактик, даже входящих в то или другое сравнительно тесное скопление. Считалось, что движения звезд внутри каждой галактики определяются только полем тяготения звезд этой галактики. Наличие в межгалактическом пространстве звезд и газового вещества объяснялось только их «выбросом» из той или иной галактики вследствие случайного превышения критической скорости.

В настоящее время физическое взаимодействие галактик является установленным фактом.

В конце 40-х и в начале 50-х гг. американский астроном Цвикки обнаружил, что между некоторыми соседними галактиками существуют «перемычки» или «мосты», состоящие из звезд. Позднее советский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов выделил сотни галактик, которые оказались взаимопроникающими в прямом смысле, хотя формы этого «взаимопроникновения» различны.

Многие галактики соединены между собой светлыми перемычками; при этом длина перемычки нередко значительно превосходит диаметр самих галактик. Исследованиями Б. А. Воронцова-Вельяминова было уста-

возле, что
торые изоб
например,
ками пре
ранних сп

Наряду
мом смыс
галактики,
нута хво
даже боле
вытягиваю
лактик, ра
проявляет
сторонах
степени н
на против
сохраняет

Наконец
шие груп
так по ан
лактик»,
положени

Следует
ки обнару
ной, но и
наша Га
Большого
«хвоста».
и Магелл
мычками
Галактик
обнаруже
(Эйбелл
«выходя
ской ор
потребов
стигли с
из галак
галактик
Таким
зей гала

новлено, что перемычки состоят из звезд тех типов, которые изобилуют в самих соединяемых галактиках. Так, например, в перемычках между спиральными галактиками преобладают скопления сверхгигантов и звезд ранних спектральных классов.

Наряду с галактиками, взаимопроникающими в прямом смысле, существуют и такие близкие между собой галактики, от которых в противоположные стороны тянутся хвосты, нередко более яркие, чем перемычки, и даже более яркие, чем сами галактики, от которых они вытягиваются. Взаимодействие многих спиральных галактик, расположенных близко друг от друга, нередко проявляется и в том, что на обращенных друг к другу сторонах спиральная структура в большей или меньшей степени нарушена и яркость незначительна, тогда как на противоположных сторонах спиральная структура сохраняется и яркость значительно выше.

Наконец особое внимание обратили на себя небольшие группы галактик — кратные галактики (названные так по аналогии с кратными звездами) или «гнезда галактик», окруженные средой, состоящей из редко расположенных звезд и их скоплений.

Следует отметить, что взаимодействующие галактики обнаружены не только в далеких глубинах вселенной, но и в местной системе, к которой принадлежит и наша Галактика. Вокулёр установил существование у Большого Магелланова Облака длинного звездного «хвоста». Таким образом, есть основание полагать, что и Магеллановы Облака соединены с Галактикой перемычками из звезд. В довольно близких окрестностях Галактики, на расстоянии 350—450 тысяч световых лет, обнаружены межгалактические звездные скопления (Эйбелл 3, Эйбелл 4). Если эти скопления являются «выходцами» из Галактики и движутся по параболической орбите относительно галактического центра, то потребовался бы миллиард лет для того, чтобы они достигли современного расстояния. Если же они выходцы из галактики в Андромеде, то покинули они ядро этой галактики несколько миллиардов лет назад.

Таким образом установление физических взаимосвязей галактик открывает новую веху в развитии внега-

лактической астрономии, а выяснение природы этих взаимосвязей является одной из важнейших научных проблем современности.



Галактики, соединенные перемычками.

В свете установления фактов и закономерностей, характеризующих различные формы взаимодействия галактик, должно быть отвергнуто предположение о том,

что эти взаимодействия возникают в результате действия приливных сил сблизившихся в процессе своего движения галактик (такое предположение высказывал Цвикки). Огромные размеры перемычек и хвостов исключают возможность их образования в результате приливного воздействия. Совершенно невероятно образование двойных, и, тем более, кратных галактик путем захвата при случайных сближениях.

Все известное в настоящее время о природе двойных и кратных галактик и в особенности галактик взаимодействующих говорит о том, что входящие в каждую из них звездные системы имеют совместное групповое происхождение.

Подробная гипотеза группового происхождения галактик выдвинута в 1958 г. и развивается далее В. А. Амбарцумяном. В этой гипотезе процесс образования групп галактик и их космического населения связывается с предположением о существовании сверхплотных масс (ядер) космической материи. Обусловленное какими-то неизвестными еще причинами деление этих ядер и разлетание их частей, имеющих огромные массы, с огромными скоростями, приводят к образованию кратных галактик. Радиогалактики с необычайно мощным излучением — это как раз и есть звездные системы, находящиеся в процессе такого деления. Перемычки и хвосты образуются при взаимном удалении образующихся галактик.

По мнению В. А. Амбарцумяна, звезды и галактики образуются группами из того же сверхплотного вещества. В этом смысле скопления и облака галактик аналогичны звездным ассоциациям; их «разбегание» свидетельствует о том, что процесс группового образования новых галактик непрерывно продолжается.

Какова же природа этого сверхплотного вещества, которое является материалом для образования и звезд и галактик и еще более крупных космических образований? Предполагается, что это вещество — вырожденный газ, плотность которого составляет 10^{15} г/см³. При такой плотности тело, объем которого равен объему земного шара, будет иметь массу в 10^{42} г, т. е. только в сто раз меньшую, чем масса нашей Галактики. Тело

же с объемом, равным объему Солнца, будет обладать массой в $3 \cdot 10^{48}$ г. Это равно массе сверхгалактики, существование которой установлено Вокулёром. Таким образом, по воззрениям В. А. Амбарцумяна, сверхгигантские массы вещества, достаточные для образования сверхскоплений галактик, могут до неких времен заключаться в объемах, не превышающих объем средней звезды, какой является Солнце.

Теория Амбарцумяна — одна из существующих в настоящее время теорий, посвященных вопросу о происхождении звезд, галактик и их скоплений и сверхскоплений. Как и прежде сохраняют свою силу предположения о формировании звезд и более крупных образований, в которых звезды являются основной формой космического населения, из диффузной материи. Для нашей эпохи характерны дискуссии и разнообразные исследования, приближающие к решению космогонических проблем.

У некоторых гигантских галактик обнаружены истечения из центральных областей ярких струй вещества. В свете гипотезы В. А. Амбарцумяна, образование этих струй, состоящих из звезд и изобилующих ассоциациями горячих звезд, связано с выбросом из ядер галактик сравнительно малых количеств вещества. Этот процесс приводит к образованию карликовых галактик, окружающих «основную» галактику.

В настоящее время советская наука располагает крупнейшими возможностями для исследований по внегалактической астрономии. Недавно вступил в строй на Крымской астрофизической обсерватории 260-сантиметровый рефлектор им. Г. А. Шайна — по мощности крупнейший в Европе и третий в мире. Несомненно, что в близком будущем в нашей стране будут созданы еще более мощные средства для исследования глубин вселенной.

XI. БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА В СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

1. Критика идеалистической космологии

Борьба двух философских начал пронизывает всю историю космологических воззрений, начиная от наивных, донаучных представлений древности и до современных представлений, основанных на научных знаниях, накопленных в результате многовековых исследований доступной для наблюдений части вселенной.

Эти знания расширялись и углублялись, обнаруживались новые факты и явления, раскрывались более общие закономерности в материальной вселенной. Однако процесс человеческого познания не ограничивается только накоплением фактов, только уяснением и констатацией закономерностей, охватывающих тот или иной ограниченный круг явлений в природе. Данные науки и их истолкование, обобщения, вытекающие из научных открытий, служат основанием для философского мировоззрения, понимаемого как целостное представление о наиболее общих законах природы, общества и человеческого мышления. В реальной жизни существуют различные формы мировоззрения, в которых сочетаются и материалистические и идеалистические элементы. Но определяющим фактором в истории борьбы мировоззрений является борьба двух главных направлений: материализма и идеализма, различно толкующих основной вопрос философии — вопрос об отношении бытия и сознания, природы и мышления.

До конца первой четверти XX в. борьба материализма и идеализма в космологии велась в основном вокруг вопроса о единственности или множественности звездных

систем во вселенной. За этим спором скрывалось более глубокое противоречие: утверждение о единственности нашей звездной системы означало признание конечности вселенной в пространстве и, по-видимому, во времени, утверждение же множественности звездных систем исходило из идеи бесконечности вселенной. Множественность звездных систем стала бесспорной, когда Хаббл удалось разложить на звезды сначала три туманности и в особенности, когда удалось разложить на звезды еще ряд туманностей. Хотя это открытие и не доказывало непосредственно бесконечность вселенной, но оно безмерно расширяло границы видимой вселенной.

В 1917 г. было сделано открытие, истолкованное многими учеными как свидетельство о конечности вселенной в пространстве и во времени. Таким открытием было уже описанное выше «красное смещение», обнаруженное в спектрах почти всех туманностей, которые, как было позже установлено, являются внегалактическими звездными системами. Величина красного смещения оказалась зависящей от расстояния до данной галактики. Если рассматривать эти смещения линий в спектрах галактик как результат эффекта Доплера (все попытки иного объяснения были безуспешными), то из наблюдаемого явления следует, что все галактики удаляются («разбегаются») от наблюдателя, причем скорости галактик тем больше, чем они дальше от него. Из анализа этих скоростей вытекали, казалось, два вывода. Во-первых, если скорость разбегания непрерывно возрастает с расстоянием, то на некотором расстоянии она должна сравняться со скоростью света. За пределами этого расстояния никаких галактик уже не должно быть, так как скорости, превышающие скорость света, как доказывается в физике, невозможны. Следовательно, расстояние до галактик, удаляющихся со скоростью света, определяет границы вселенной и является ее радиусом. Несложный расчет для «радиуса вселенной» давал результат: $1,75 \cdot 10^9$ световых лет (при новой шкале внегалактических расстояний этот радиус соответственно увеличивается). Таким образом, разбегание галактик в этом истолковании означает расширение ко-

нечной вселенной
расстояния
галактики
пространст
ленной.

Именно
тами были
метром, об
расширяющ
новленный
путем таки
емлемы с
Леметр «д
вичное рас
шего масс
умещающ
ленной. Э
началось
достижени

Не при
двинутая
ское миро
разной фо
мирить в
такую оце
ной литер
ных многи

В чем
теории Л
наблюден
наблюден

Еще Э
софа-мет
шего, что
неизменн
ней нача
антинауч
статическ
ции, то т
ствием в
к матер

нечной вселенной. Во-вторых, оказывается, что прежде расстояния до галактик были меньше, а когда-то все галактики были собраны в одном месте, в одной точке пространства, из которой и началось расширение вселенной.

Именно эти два вывода с соответствующими расчетами были сделаны бельгийским математиком Ж. Леметром, обосновавшим с их помощью теорию конечной расширяющейся вселенной. Эта теория объясняла установленный наблюдениями факт разбегания галактик путем таких допущений, которые были совершенно неприемлемы с точки зрения установленных научных истин. Леметр «доказывал», что в свое время произошло «первичное расширение» некоего первичного атома, обладавшего массой, равной суммарной массе всех галактик, уместившихся в объеме современной «оптической» вселенной. Это непрерывно продолжающееся расширение началось столько лет назад, сколько нужно было для достижения современного объема вселенной.

Не приходится сомневаться в том, что теория, выдвинутая Леметром, отражает клерикально-идеалистическое мировоззрение, стремящееся возродить в наукообразной форме миф о сотворении мира, а тем самым примирить в новых условиях науку и религию. Именно такую оценку теория Леметра получила в советской научной литературе и в высказываниях прогрессивных ученых многих стран.

В чем же заключается научная несостоятельность теории Леметра, которая как будто исходила из данных наблюдений и из расчетов, основанных на анализе этих наблюдений?

Еще Энгельс, опровергая взгляды немецкого философа-метафизика Е. Дюринга (1833—1921), полагавшего, что вселенная когда-то находилась в совершенно неизменном состоянии и только с некоторого времени в ней началось развитие и изменение, указал на полную антинаучность подобных взглядов: если вселенная от статического состояния перешла к непрерывной эволюции, то такой переход может быть вызван лишь воздействием внешних сил. Но «внешними» по отношению к материальной вселенной могут мыслиться только

нематериальные, т. е. потусторонние или сверхъестественные силы. В основе взглядов Дюринга, таким образом, оказывалось допущение (хотя и скрытое) «первого толчка», иначе говоря, вмешательства божественных сил.

В теории Леметра предполагается такой же переход от первичного атома, существовавшего неопределенно долгое время, к непрерывно расширяющейся вселенной со всем многообразием происходящих в ней физических процессов и превращений. Сам Леметр воздержался от рассмотрения вопроса о том, что предшествовало началу расширения (или распада) первичного атома и чем было вызвано это расширение. В этом отношении более откровенными оказались другие ученые-идеалисты, ставшие сторонниками и пропагандистами теории Леметра, в особенности крупный английский астроном А. С. Эддингтон (1882—1944). По мнению Эддингтона, проблемы «общего начала всех вещей» вообще выходят за границы научного познания. Это область веры, но эрудиция ученого и в особенности его эстетическое чувство могут помочь ему набросать картину творения вселенной более правдоподобную, чем в традиционном библейском сказании.

Леметр делает методологическую ошибку, механически перенося свойства наблюдаемой пространственно конечной области вселенной на всю бесконечную вселенную. В этой ошибке в полной мере отразилась идеалистическая направленность мысли автора теории, связанная, с одной стороны, с отрицанием бесконечности вселенной, а с другой, — с тенденцией к таким объяснениям сложных явлений в природе, которые подменяют знание верой, а науку — скрытой по форме, но явной по смыслу теологией. Взрыв первичного атома и обусловленное им расширение вселенной из точки до ее современных пределов — процессы, научно необъяснимые. Тем более научно необъяснимы происхождение и свойства самого первичного атома с массой порядка 10^{54} г.

Появление теории расширяющейся вселенной Леметра, по существу, было попыткой поставить науку — и притом в области решения космологических проблем, имеющих первостепенное значение для мировоззрения — вновь на службу теологии. Вместе с тем, на примере

этой теории
решения на
накопления
необходимо
роды, а не п
в сторону о
О несосто
и противоре
дательным
Так, теория
данным сов
небесных те
чем вся все
зывать мно
Солнца, но
фактом, что
лет назад
резко не о
допускать
еще еще не
ми геологи
существует
лактики та
входящих
Пересм
звал свое
ширяющей
ранее при
теории Л
ресно, од
теории вы
(в четыр
мость та
Бааде и
если на
«разбеган
это пред
тики при
необходи
«возраст
большим

этой теории можно наглядно убедиться в том, что для решения научных проблем, возникающих в процессе накопления фактических знаний, наблюдаемые явления необходимо истолковывать в свете общих законов природы, а не путем спекулятивных измышлений, уводящих в сторону от решения вопроса.

О несостоятельности теории Леметра свидетельствует и противоречие некоторых следствий этой теории наблюдаемым фактам и бесспорным выводам астрономии. Так, теория расширяющейся вселенной противоречит данным современной космогонии о возрасте некоторых небесных тел, многие из которых оказываются древнее, чем вся вселенная в целом по Леметру. Можно высказывать много различных гипотез относительно эволюции Солнца, но все они должны считаться с доказанным фактом, что миллиард или даже три-четыре миллиарда лет назад физическое состояние Солнца сколько-нибудь резко не отличалось от современного. Тем более нельзя допускать предположение, что Солнце в то время вообще еще не существовало. В соответствии с результатами геологических и геофизических исследований, Земля существует уже несколько миллиардов лет. Возраст Галактики также не может быть меньшим, чем возраст входящих в ее состав звезд.

Пересмотр шкалы внегалактических расстояний вызвал своеобразную реакцию у приверженцев теории расширяющейся вселенной. Конечно, при любом изменении ранее принятых внегалактических расстояний в существе теории Леметра абсолютно ничего не меняется. Интересно, однако, отметить, что некоторые сторонники этой теории высказывались за наибольшее увеличение шкалы (в четыре раза и даже еще больше), хотя необходимость такого увеличения не вытекала из наблюдений Бааде и работ других исследователей. Это не случайно: если наиболее далекие галактики удалены от центра «разбегания» на расстояние во много раз большее, чем это предполагалось, то и времени для того, чтобы галактики приняли современное положение в пространстве, необходимо во столько же раз больше. Учетверенный «возраст» вселенной, по Леметру, окажется несколько большим, чем возраст Земли как планеты. Однако даже

если считать, что Земля (как и другие планеты) и Солнце образовались одновременно или совместно из других форм материи, то уже приходится признать, что во всяком случае космическое тело, давшее начало Солнцу (и другим «старым» звездам), существовало задолго до «рождения» вселенной по Леметру. Равным образом нельзя игнорировать существование «старых» звезд в других галактиках. Приведенные соображения доказывают несостоятельность любой концепции (не только теории Леметра), утверждающей, что возраст доступной части вселенной, отождествляемой при этом со всей вселенной, не превышает нескольких миллиардов лет.

Равным образом несостоятельными оказываются все попытки определения «радиуса мира», которые в идеалистической космологии делались неоднократно (в основе таких попыток обычно лежали неправильно понимаемые положения теории относительности и произвольно толкуемые постулаты неевклидовой геометрии, из которых будто бы вытекает конечность вселенной). Неуклонно совершенствующаяся астрономическая техника позволяет открывать все более и более далекие объекты, нередко лежащие вне ранее определенных «границ мира».

Теория расширяющейся вселенной получила распространение среди ученых, стоящих на идеалистических позициях и склонных искать пути для примирения науки и религии. Но она была решительно отвергнута подавляющим большинством ученых, совершенно справедливо расценивших эту теорию как антинаучную.

Следует отметить, что, критикуя идеалистическую теорию Леметра и последующие идеалистические теории, ряд ученых пошел по пути отрицания самого вывода о «разбегании» галактик, утверждая, что смещение линий в спектрах галактик к красному концу вызвано не эффектом Доплера, а какими-то иными физическими факторами. Однако все попытки такого объяснения «красного смещения» не увенчались успехом. «Красное смещение» обнаружено не только для оптической части спектра, но и в области радиолучей. И здесь оно происходит в полном соответствии с принципом Доплера. При детальном исследовании выяснилось, что некото-

рые привлекавшиеся для объяснений физические факторы действительно могут вызвать смещение спектральных линий, но на величины, значительно меньшие наблюдаемых. Другие физические факторы, объясняя достаточно хорошо «красное смещение», в то же время, как было доказано, должны были бы быть источником некоторых побочных явлений, которые на самом деле не наблюдаются. Таким образом, «разбегание галактик» в настоящее время признается реальностью, хотя и допускается, что некоторая доля «красного смещения» может быть обусловлена не эффектом Доплера, а иными физическими факторами.

Теория расширяющейся вселенной Леметра является классическим образцом тех теорий, которые в свое время В. И. Ленин отнес к «физическому идеализму».

Теория Леметра характеризуется разработанной математической стороной, служившей, однако, для обоснования таких положений, которые совершенно несостоятельны в свете общепризнанных физических истин. Расширение вселенной от первичного атома до ее современных пределов представляет собой невозможный в реальном мире физический процесс. Теорию Леметра можно сравнить со сферами Евдокса и геоцентрической системой мира Птолемея, которые в свое время с математической стороны удовлетворительно объясняли видимые движения небесных тел, но отражали все-таки не реальную картину мира, а только эти видимые движения, принимаемые за действительные. Можно вспомнить также и пифагорейскую гармонию чисел, которая, будучи по-своему внутренне законченной, в то же время навязывала природе свои гармонические законы, не отражая, однако, объективных законов самой природы.

Теория Леметра — далеко не единственная попытка идеалистического решения вопроса о происхождении и развитии видимой вселенной. Начиная с 30-х гг. текущего века, приобрела известность теория английского физика Милна. И в этой теории предполагается, что в свое время (несколько миллиардов лет назад) вся космическая материя была собрана в небольшом объеме, в котором движения молекул происходили с различными скоростями. Исходным моментом процесса создания

небесных тел и их систем является взрыв, в результате которого молекулы «разошлись» в бесконечном пространстве (в отличие от Леметра, Милн не отрицает бесконечности вселенной). При этом скорость молекул возрастает по мере удаления от места взрыва. Далее постепенно происходит объединение молекул в звезды и звезд — в звездные системы. Возникшие галактики сохраняют те же скорости, которые имели образовавшие их молекулы. Этим объясняется явление «красного смещения».

В дальнейшем Милн развивал и дополнял свою теорию, стараясь связать ее с теорией относительности и с последующими открытиями в области внегалактической астрономии. В результате этого теория принимала внешне все более наукообразный вид, сохраняя ту же антинаучную основу. Первичный «взрыв» в теории Милна так же научно необъясним, как и аналогичный взрыв в теории Леметра, а предположение о формировании галактик путем объединения ранее возникших звезд (и звезд путем объединения молекул) противоречит современным научным взглядам, согласно которым звезды образуются внутри галактик, а сами галактики возникают внутри еще более крупных космических образований.

На протяжении последних десятилетий выдвигались различные космологические теории, в которых процесс развития вселенной связывался с более сложными изменениями ее структуры и размеров. Выдвигалась, в частности, идея «пульсирующей вселенной», в которой на различных стадиях ее существования происходят как расширение в форме «разбегания» галактик, так и сжатие, когда вся космическая материя концентрируется в значительно меньших объемах пространства. Такие концепции представляют собой дальнейшее развитие (применительно к новым физическим представлениям и данным о строении видимой вселенной) гипотезы, которую еще в начале XX в. выдвигал выдающийся шведский физико-химик С. Аррениус (1859—1927). По мнению Аррениуса, во вселенной непрерывно происходит возникновение и разрушение миров. Формирование звезд из диффузной материи и обратное явление — превра-

11
шение звезд,
чина, в туман
исходящие
потеза Арр
представлен
спиральных
продукт стол
ных столкнов

Теория п
скольку она
ной конечно
процессы ка
ся «красное
сближения
разных стад
ной вселенн

В дальн
значительно
ных так на
ложником
космологич
дающегося
затора, бы
идеализма
ронником
ряющейся
бриджской
гипотезу
«ничего»
в состоян
и многоо
предполо
как бы с
прерывно
ний, стан
Тем не
вителей

*) Из
правления
тропности

шение звезд, в результате их столкновений и иных причин, в туманности, представляют собой непрерывно происходящие процессы. В своем первоначальном виде гипотеза Аррениуса основывалась на неправильных представлениях о природе туманностей (и, в частности, спиральных туманностей, которые рассматривались как продукт столкновения звезд) и о вероятности межзвездных столкновений.

Теория пульсирующей вселенной неприемлема, поскольку она исходит из представлений о пространственной конечности вселенной. Однако вполне возможно, что процессы как расширения (отражением которого является «красное смещение»), так и сжатия (т. е. взаимного сближения галактик и их скоплений) могут протекать на разных стадиях развития в разных участках бесконечной вселенной.

В дальнейшем развитии идеалистической космологии значительное место занимают воззрения английских ученых так называемой Кембриджской школы, основоположником которой был Эддингтон. Общефилософские и космологические воззрения Эддингтона, бесспорно, выдающегося астронома и блестящего писателя-популяризатора, были по-своему ярким сочетанием физического идеализма и откровенного фидеизма. Эддингтон был сторонником и пропагандистом концепции конечной расширяющейся вселенной. Последующие представители Кембриджской школы — Хойл, Бонди, Сайама — выдвинули гипотезу непрерывного творения материи и энергии (из «ничего»). Концепция «Первичного атома» все-таки не в состоянии объяснить все увеличивающиеся масштабы и многообразие видимой вселенной. Сайама высказал предположение, что процесс творения материи является как бы основой познаваемости вселенной, так как непрерывное творение расширяет круг и масштабы явлений, становящихся доступными научному исследованию. Тем не менее, в воззрениях Сайама и других представителей этой школы вселенная конечна и изотропна *).

*) Изотропность — одинаковость свойств вещества по всем направлениям. Неодинаковость этих свойств носит название анизотропности.

Примыкающий к Кембриджской школе философ Капп дополнил гипотезу непрерывного творения материи гипотезой о ее непрерывном уничтожении. Получается замкнутый цикл развития материи, в который искусственно укладываются все процессы, происходящие во вселенной — астрономические и геологические, физико-химические и биологические. Если астрономы-идеалисты, владея материалами новейших достижений науки, дают им произвольное и в конечном счете антинаучное толкование, то для Каппа и других философов-идеалистов творение и уничтожение материи — это предвзятые идеи, и в их ограниченных рамках заранее и даже с игнорированием прогрессирующих научных достижений толкуется все происходящее во вселенной.

2. Современная космология и теория относительности

Задачей материалистической космологии в нашу эпоху является создание представлений о строении и развитии вселенной, основанных на современных физических теориях. В порядке исторической аналогии можно сравнить эту задачу с той, которая в свое время решалась Ньютоном и заключалась в том, чтобы объяснить кинематические и иные закономерности мира (в доступных для наблюдений его пределах) в свете новой для того времени физической теории. Но это поверхностная аналогия: физическая картина мира оказалась неизмеримо сложнее, чем могло представляться не только во времена Ньютона, но даже и на рубеже XIX и XX вв.

В старых космологических теориях, возникших до начала XX в., вселенная рассматривалась как изотропная и однородная по своей структуре. Для современной космологии такое представление уже не является единственно возможным. Больше того, все, что известно о структуре доступной для наблюдений в настоящее время части вселенной, говорит не только о сложности этой структуры вообще, но и о структурном многообразии, которое не сводится только к многообразию форм космической материи.

Структурная лестница (или «иерархия») форм материально-структурных образований в доступной части

2] вселенной от старой части до увеличения переход к плотности ядерности средней материи $2 \cdot 10^{-12} \text{ г/см}^3$, Метагалактики. Казалось бы, плотность материи к еще большим, причем вложенной прибор бесконечно прорывающаяся тельны.

Во-первых, теорий неадекватности падений вечной ее части лаптику.

Во-вторых, теории показывающих структурам меньшей и материи в Галактики раз тысячи для наблюдений, в которых странственны.

Наиболее «являющиеся» условиями лактик. Но собой мест на данной.

вселенной охватывает обширный диапазон размеров, начиная от атомных ядер диаметром 10^{-13} см, до некоторой части Метагалактики, диаметром более $2 \cdot 10^{27}$ см в старой шкале (около 10^{28} см — в новой шкале). По мере увеличения размеров структурных образований, т. е. при переходе к последующим ступеням иерархической лестницы, средняя плотность материи уменьшается. При плотности ядерного вещества в 10^{14} г/см³ (возможно, 10^{15} г/см³) средняя плотность Земли равна 5,5 г/см³, средняя плотность материи в солнечной системе составляет около $2 \cdot 10^{-12}$ г/см³, в Галактике 10^{-24} г/см³, в доступной части Метагалактики 10^{-29} г/см³.

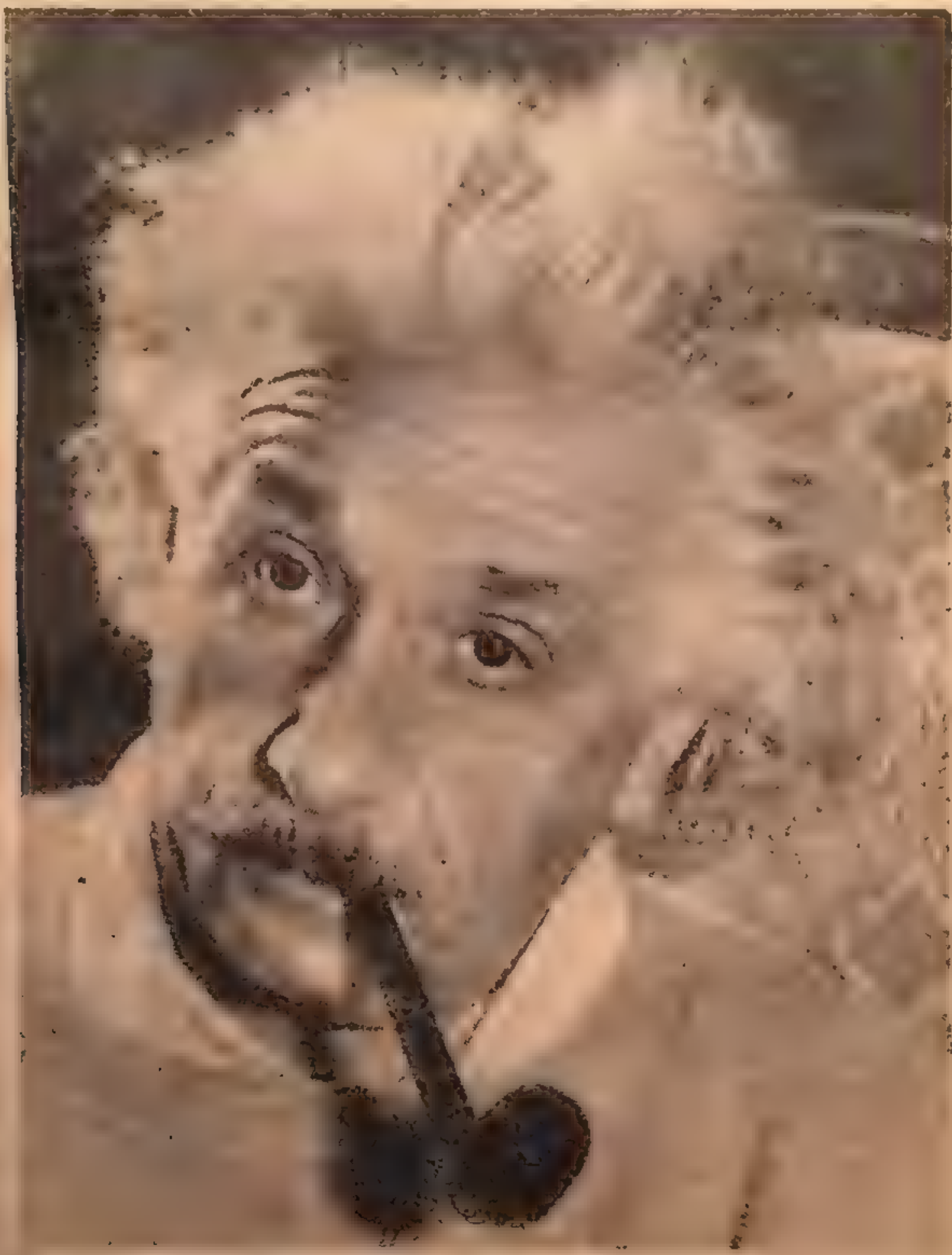
Казалось бы, можно предполагать, что это уменьшение плотности продолжается и при переходе от Метагалактики к еще более крупным космическим образованиям, причем средняя плотность материи во всей вселенной приближается к нулю. Однако это допущение бесконечно продолжающегося уменьшения плотности и вытекающая из него картина мира более чем сомнительны.

Во-первых, уже из чисто методологических соображений незаконно распространять на всю вселенную свойство падения средней плотности, обнаруженное в конечной ее части, не охватывающей даже всю Метагалактику.

Во-вторых, анализ падения средней плотности материи показывает, что при переходе к более высоким ступеням структурной лестницы плотность убывает все в меньшей и меньшей степени: в то время как плотность материи в солнечной системе превышает плотность материи в Галактике в триллион раз, последняя только в тысячи раз превышает плотность материи в доступной для наблюдений в настоящее время области Метагалактики, в которой, как уже было сказано, уменьшения пространственной плотности галактик пока не обнаружено.

Наиболее вероятным объяснением «красного смещения» является, как было указано, эффект Доплера, обусловленный «разбеганием», взаимным удалением галактик. Но процесс «разбегания» галактик представляет собой местное явление в Метагалактике, происходящее на данной, возможно и весьма продолжительной, стадии

ее развития. «Разбегание» галактик получило вполне научное, материалистическое объяснение в рамках физической картины мира, основанной прежде всего на теории относительности.



Альберт Эйнштейн (1879—1955).

Теория относительности А. Эйнштейна (1879—1955) является крупнейшим завоеванием современного естествознания, и развитие современной космологии теснейшим образом связано с правильным толкованием и применением ее основных положений.

Правда, теория относительности не является той универсальной физической теорией, о которой мечтал ее автор. Эйнштейн пытался создать физическую теорию, которая смогла бы связать все реально существующие физические поля (поле тяготения, электромагнитное поле и др.) и дать наиболее полное и исчерпывающее объяснение физической картины мира. Однако такую теорию ему создать не удалось.

Тем не менее, в опубликованных в 1905 г. специальной теории относительности и в 1916 г. — общей теории относительности Эйнштейн показал, что законы классической физики и механики, открытые Галилеем и Ньютоном и прекрасно объясняющие явления материального мира, являются следствиями теории относительности для случаев движения со скоростями, малыми по сравнению со скоростью света. Вместе с тем Эйнштейн показал тесную связь пространства и времени с происходящими в мире физическими процессами и явлениями. В классической физике Ньютона, как и в геометрии Евклида, пространство представлялось независимым по отношению к заполняющей его материи и ее свойствам. Пространство могло мыслиться как пустое, вообще лишенное материи. Считалось, что вещество, заключенное в пространстве, не оказывает никакого влияния на его геометрические свойства, что не оказывает оно влияния и на ход времени, что время не связано с пространством. Движение, с точки зрения физики Ньютона, есть свойство, вложенное в материю.

В свете основных положений физики, сформулированных в теории относительности Эйнштейна, была показана не только связь пространства и времени, но и зависимость геометрических свойств пространства от распределения в нем масс. Эйнштейн не ограничился этими выводами, сыгравшими огромную роль в последующем развитии науки. Он установил также, что масса тела, которая в классической механике Ньютона рассматривалась как величина «нейтральная», независимая от любых физических процессов, в действительности является мерой содержания энергии в этом теле. Следовательно, если изменяется энергия, присущая тому или иному телу, то соответствующим образом, в пределах, обусловленных

зависимостью, установленной самим Эйнштейном, изменяется и сама масса.

В течение двух с половиной веков после открытия Ньютоном закона всемирного тяготения оставалась без сколько-нибудь удовлетворительного объяснения природа сил тяготения. Оно было дано только в общей теории относительности Эйнштейна, опубликованной, как уже было сказано, в 1916 г., но получившей признание несколько позднее, когда ее астрономические следствия (движение перигелия Меркурия, отклонение луча света звезд в поле тяготения Солнца и гравитационное «красное смещение» линий в спектрах некоторых звезд) получили подтверждение в непосредственных наблюдениях.

В настоящее время, в соответствии с основными выводами общей теории относительности Эйнштейна, считают, что геометрические свойства реального физического пространства и времени (точнее, единого пространства-времени) определяются наличием в этом пространстве притягивающих масс. От величины этих масс и от их распределения в пространстве зависят свойства пространства: будут ли они близкими к тем, которые указываются геометрией Евклида, или же в большей или в меньшей степени отличными от них. Связь между пространством-временем и тяготением — взаимная. В полной мере свойства евклидова пространства сохраняются только в воображаемом идеально пустом, лишенном вещества пространстве. Впрочем, они почти совершенно точно справедливы и для реального пространства в тех его ограниченных пределах, заключающих небольшие количества материи, с которыми приходилось иметь дело науке до сравнительно недавнего времени. Но чем больше объем пространства и чем больше в нем заключено материи, тем в большей степени свойства пространства отличаются от свойств, указанных геометрией Евклида. Математические свойства пространства, с которым имеет дело теория тяготения Эйнштейна, представляются неевклидовой геометрией Римана, выводы которой отклоняются от выводов евклидовой геометрии тем больше, чем большее пространство рассматривается. (Следует напомнить, что открытие неевклидовой геометрии принадле-

жит Лобачевскому. Он рассматривает пространственную систему. Количество радиационных радиусов массы тела, выражаемая формула, известна для любой известной массы. Согласно этой формуле, как действительная (т. е. в $1,4 \cdot 10^9$ раз). Так как величина делится количеством гравитационного поля гравитационного поля Солнца больше, тационный радиус 1,5 км. Гравитационная материя, заключающаяся в нем, если он значительна, рассматриваемое пространство мал, отличаются от тационный радиус 1300 астрономических меньше ее даже и в такт материи, как Галактики, отличаются от стоящее время иначе. Как у нас сравнительно их размеры. Галактики превышают десятки тысяч в пространстве, в частности миллиард раз.

жит Лобачевскому, впервые разработавшему геометрическую систему, отличную от евклидовой.)

Количественная характеристика этих отклонений становится наглядной благодаря введению понятия гравитационных радиусов небесных тел и их систем. Гравитационный радиус — это мера (иначе говоря, количество) массы тела, выраженная в линейных единицах. Выведена формула, позволяющая установить гравитационный радиус для любого тела (или системы тел), для которого известна масса. Так, гравитационный радиус Земли согласно этой формуле составляет менее 0,5 см, в то время как действительный радиус Земли равен 6378 км (т. е. в $1,4 \cdot 10^9$ раз больше, чем гравитационный радиус). Так как величина гравитационного радиуса тела определяется количеством заключенной в нем материи, то гравитационный радиус Солнца во столько же раз больше гравитационного радиуса Земли, во сколько раз масса Солнца больше массы Земли. Таким образом, гравитационный радиус Солнца составляет приблизительно 1,5 км.

Гравитационный радиус характеризует количество материи, заключенное в данном объеме пространства; если он значительно меньше обычного линейного радиуса рассматриваемого пространства, то свойства этого пространства мало отличаются или практически вовсе не отличаются от свойств евклидова пространства. Гравитационный радиус Галактики составляет примерно 1300 астрономических единиц (т. е. примерно в $2 \cdot 10^6$ раз меньше ее действительного радиуса). Таким образом, даже и в таком гигантском скоплении космической материи, как Галактика, свойства пространства еще мало отличаются от евклидовых. В пределах доступной в настоящее время области Метагалактики дело обстоит уже иначе. Как уже говорилось, расстояния между галактиками сравнительно в небольшое число раз превышают их размеры. Линейный радиус доступной части Метагалактики превосходит средний радиус галактик только в десятки тысяч раз. Но масса, заключенная в этом пространстве, превышает массы отдельных галактик, в частности массу нашей Галактики, минимально в миллиард раз. Поэтому гравитационный радиус доступной

части Метагалактики не менее чем в миллиард раз превосходит гравитационный радиус Галактики и составляет самое меньшее 20 миллионов световых лет. Таким образом, он лишь в сотни раз меньше действительного радиуса этой части Метагалактики, даже и при значительном увеличении шкалы внегалактических расстояний. При таком отношении гравитационного и действительного радиусов свойства пространства должны значительно отличаться от евклидовых.

Неоднократно уже указывалось, что даже на предельных доступных современным астрономическим инструментам расстояниях не замечено уменьшения плотности пространственного распределения галактик. Поэтому, если предположить, что эта плотность заметно не изменяется и на расстоянии, вдвое большем, то количество материи в объеме пространства с этим удвоенным радиусом возрастает в восемь раз; во столько же раз возрастает и гравитационный радиус. Таким образом, отношение действительного и гравитационного радиусов уменьшится еще в четыре раза, и свойства пространства будут соответственно еще больше отличаться от евклидовых. Это отличие будет возрастать в пространстве всей Метагалактики и особенно в космических системах еще более высоких порядков. Здесь кривизна пространства должна быть обусловлена присутствием огромных масс материи.

Так теория относительности раскрыла ряд физических закономерностей, не объяснимых с помощью классической физики и проявляющихся только в огромных космических масштабах. В отличие от классической физики, верной (как и геометрия Евклида) для сравнительно небольшой части пространства, теория относительности (как и геометрии Лобачевского и Римана) объясняет физические закономерности если не бесконечной вселенной, то все же очень большой ее части. Начало и время развития теории относительности исторически вполне совпало с началом и временем развития внегалактической астрономии.

Философское значение теории относительности исключительно велико. Теория относительности подтверждает положение диалектического материализма о про-

21
странстве и ер
объективных
с тем, что
метрических
материи, теор
тяко-материал
материи и де
ленности разл
ности.
После появ
приняты попы
го релятивизма
рое утверждает
относительный
нию относитель
существо явля
ванной на уче
относительнос
нием диалект
объективный
считывающе
солютной ист
ствуют в каж
Попытки
ским релятив
относительно
риальных те
по отношен
объективну
ности же те
мании утве
связей и пр
идеалистич
искажает
Ошибо
ности в н
тор, бесс
пытателе
софских
тианства
полагал

странстве и времени (понимаемых в их единстве) как об объективных формах существования материи. Вместе с тем, установив связь массы и энергии, зависимость метрических свойств пространства от присутствия в нем материи, теория относительности подтвердила диалектико-материалистические положения о нераздельности материи и движения, о взаимосвязи и взаимообусловленности различных сторон материальной действительности.

После появления теории относительности были предприняты попытки истолковать ее в смысле философского релятивизма — направления в теории познания, которое утверждает, что человеческое познание всегда имеет относительный характер и сводится только к установлению относительных истин. Философский релятивизм по существу является одной из форм агностицизма, основанной на учении Маха и Авенариуса. Его положения об относительности познания совершенно расходятся с учением диалектического материализма, утверждающего объективный характер человеческого познания и рассматривающего его как постепенное приближение к абсолютной истине, элементы которой неизбежно присутствуют в каждой из установленных относительных истин.

Попытки связать теорию относительности с философским релятивизмом сводились к утверждению, что теория относительности будто бы рассматривает связи материальных тел и физических процессов в природе только по отношению к наблюдателю, отрицая таким образом объективную закономерность этих связей. В действительности же теория относительности в правильном ее понимании утверждает объективный характер всех взаимосвязей и процессов в природе, а указанное субъективно-идеалистическое толкование теории относительности искажает ее физическую и философскую сущность.

Ошибочному толкованию выводов теории относительности в немалой степени способствовало то, что ее автор, бесспорно один из величайших ученых-естествоиспытателей XX в., был непоследователен в своих философских воззрениях, в которых сильно было влияние кантианства и в особенности эмпириокритицизма. Эйнштейн полагал, что наука является проявлением свободной

творческой деятельности человеческого разума, а задача этой деятельности — создание такой системы понятий, которая вносила бы наиболее удобный порядок в многообразие чувственных восприятий. Как результат свободного творчества, эти понятия и не должны отражать реальные свойства внешнего мира. Таким образом, в вопросах теории познания Эйнштейн стоял в сущности на непоследовательных позициях, хотя в своей научной деятельности он сыграл роль одного из великих реформаторов естествознания.

Глубоко ошибочное понимание теории относительности высказывалось и в настоящее время пропагандируется некоторыми реакционно настроенными естествоиспытателями и философами. В частности, из теории относительности делаются необоснованные выводы, якобы подтверждающие идеи агностицизма. Так, исходя из неправильного положения, что согласно теории относительности будто бы равноправны все системы отсчета и не существует привилегированных систем, утверждается, что исторический спор между сторонниками геоцентрической системы мира Птолемея и сторонниками гелиоцентрической системы Коперника лишен смысла и был простым недоразумением, так как обе системы равноправны. В действительности дело обстоит иначе. Общая теория относительности (иначе — теория тяготения Эйнштейна) не внесла никаких изменений в решение вопроса об «истинности» той или другой системы мира. Истинной является система Коперника, так как именно она отражает реальное движение Земли и других планет вокруг Солнца, происходящее в соответствии с познанными основными законами физики.

Не вдаваясь в подробное рассмотрение этого вопроса с физической точки зрения*), следует отметить, что мнение о равноправности системы Птолемея и системы Коперника опровергается и всем ходом развития науки. Система Птолемея на долгие века сковала человеческую мысль ложными представлениями о центральном поло-

*) Такое рассмотрение дано в статье акад. В. А. Фока «Система Птолемея и система Коперника в свете современной теории тяготения». «Николай Коперник». Сборник статей и материалов к 410-летию со дня смерти (1543—1953), М., 1955, стр. 57—72.

жении Земли во вселенной, она стала опорой средневековой схоластики и религиозного мракобесия в борьбе против науки и расширения границ познания. Система Коперника являлась основой последующего развития науки и ее опорой в борьбе за освобождение от власти теологии. Только в процессе развития учения Коперника, на его основе могли быть открыты законы Кеплера и Ньютона, могли сложиться современные представления о строении и развитии небесных тел и их систем, вплоть до глубин Метагалактики. Сама теория относительности могла быть создана как обобщение успехов физики, развитие которой теснейшим образом связано с развитием астрономии на основе учения Коперника.

Неоднократно высказывалось столь же ложное мнение, что из теории относительности будто бы следует конечность вселенной, обусловленная кривизной пространства. Предпринимались многократные попытки из уравнений этой теории определить радиус вселенной. Каждый раз радиус оказывался значительно превышающим радиус доступной для наиболее мощных в то время телескопов части вселенной, и это придавало кажущееся правдоподобие таким определениям. Однако расширение пределов доступного для наблюдений космического пространства при совершенствовании инструментов всякий раз оставляло позади определенный ранее радиус вселенной, и самые попытки «вывести» из теории относительности «обязательную» конечность вселенной не были и не являются теоретически обоснованными. Еще в 1922 г. выдающийся русский математик и физик-теоретик А. А. Фридман (1888—1925) показал, что из теории относительности как раз вытекает бесконечность вселенной, если только средняя плотность материи не превышает некоторого определенного значения. Это значение оказывается близким к средней плотности доступной части Метагалактики, которая, по-видимому, все-таки превышает среднюю плотность в еще более обширных космических системах.

Достижения науки, в частности радиоастрономии, и перспективы ее развития дают основание полагать, что дальнейшее расширение границ доступного для наблюдений космического пространства будет осуществляться

е этого вопро-
отметить, что
ея и системы
звития науки.
человеческую
ральном поло-

З. А. Фока «Современной теории и материалов» стр. 57—72.

гораздо более быстрыми темпами, чем в предыдущие годы, в частности в первые десятилетия внегалактической астрономии. В этом направлении важная роль принадлежит сооружаемым сверхмощным радиотелескопам, которые позволят обнаружить и исследовать большое число новых источников космического радиоизлучения.

В настоящее время известны весьма мощные источники радиоизлучения. В числе их гигантская галактика в созвездии Лебедя (Лебедь А), о которой выше уже упоминалось. В данном случае важно напомнить, что интенсивность радиоизлучения, приходящего от этого источника, не уступает интенсивности радиоизлучения, поступающего от Солнца. А отсюда, учитывая расстояние до галактики в Лебеде, получается, что мощность ее радиоизлучения («радиосветимость») в 10^{25} — 10^{26} раз превышает мощность радиоизлучения Солнца.

Современным радиотелескопам доступны источники радиоизлучения в 6000—7000 раз менее интенсивные (по воспринимаемому излучению), чем источник в созвездии Лебедя, который по своей радиосветимости не может рассматриваться как исключение: такие же и, может быть, еще более мощные источники, несомненно, имеются в разных областях Метагалактики. Таким образом, современным радиотелескопам доступны источники радиоизлучения, сравнимые по радиосветимости с источником в созвездии Лебедя, но расположенные в 75—85 раз дальше, чем галактика в Лебеде, т. е. на расстоянии в 15—25 миллиардов световых лет.

Широкие перспективы в том же направлении открываются сейчас и перед оптической астрономией в связи с первыми опытами создания электронных телескопов. Представляется весьма вероятным, что последующее расширение пределов доступной части вселенной позволит обнаружить в ней новые структурные и иные особенности, в свете которых будет дано правильное объяснение строения Метагалактики и наблюдаемых особенностей в распределении и движении составляющих ее звездных систем.

Какие бы идеалистические выводы ни делались из произвольно понимаемых положений и следствий теории

31
относительно
рия Эйнштейна
о прорывно
материи. В
системе
определяе
денционно
ми самого
лены основ
космическ
ными для
блюдения
рию отно
потому, что
листическ

3. У

Нет н
гих косм
борьба п
тинаучны
меньшей
численны
будто да
вселенно

В ос
смерти»
называе
ленного
сформу
ком Р. Л
щем. В
гию; од
ко от б
следует
ме вся
теплота
темпер
данной
12. ю. г.

относительности, является бесспорным, что именно теория Эйнштейна опровергла метафизические представления о пространстве и времени и обосновала их как неразрывно связанные между собой формы существования материи. Место теории относительности и в физике и в системе современных космологических представлений определяется не тем, что пытаются извлечь из нее тенденциозно мыслящие ученые, не философскими ошибками самого Эйнштейна, а тем, что в этой теории установлены основные физические закономерности для огромных космических пространств, которые становятся доступными для современных астрономических средств наблюдения. Было бы совершенно ошибочно отрицать теорию относительности как физическую теорию только потому, что ее положения по-своему используются в идеалистическом лагере.

3. Успехи и задачи современной космологии

Нет необходимости подробно останавливаться на других космологических вопросах, в толковании которых борьба передовой материалистической мысли против антинаучных идеалистических концепций проявляется не в меньшей степени. Можно лишь кратко отметить многочисленные попытки ученых-идеалистов воскресить как будто давно уже отжившую теорию «тепловой смерти» вселенной.

В основе представления о возможности «тепловой смерти» вселенной лежит неправильное толкование так называемого второго принципа термодинамики, установленного еще в середине XIX в. Сущность этого принципа, сформулированного в 1850 г. крупным немецким физиком Р. Клаузиусом (1822—1888), заключается в следующем. Все виды энергии превращаются в тепловую энергию; однако теплота может переходить сама собой только от более теплого тела к более холодному. Из этого следует, что в любой замкнутой, изолированной системе вся энергия со временем превратится в теплоту, а теплота распределится в направлении выравнивания температуры, которая станет одинаковой для всех тел данной системы.

Правильность второго принципа термодинамики в земных условиях подтверждается на опыте, в частности на опыте действия паровых и иных машин и механизмов. Однако Клаузиус и, несколько раньше его, английский физик В. Томсон (лорд Кельвин, 1824—1907) попытались распространить этот принцип на всю вселенную, исходя из того, что во всем объеме космического пространства происходит перераспределение энергии. Полная энергия вселенной при этом не изменится (в соответствии с законом сохранения энергии), но она вся перейдет в теплоту и не будет способна к дальнейшим превращениям. Существование вселенной при этом не прекратится, но в ней прекратится всякое движение, всякие физические и иные процессы. Это и будет «тепловая смерть».

Представление о возможности «тепловой смерти» вселенной встретило резкую опровергающую критику со стороны Ф. Энгельса, указавшего на полную несостоятельность перенесения второго принципа термодинамики (справедливого для замкнутых, т. е. конечных, систем) на бесконечную вселенную, так как такое перенесение приводит к абсурдному выводу, что энергия (вопреки закону сохранения энергии) сотворима и уничтожима.

Это утверждение Энгельса получило подтверждение в трудах многих физиков нашей эпохи. В частности, советский физик И. Р. Плоткин доказал, что второй принцип термодинамики применим только к системам, содержащим конечное число элементарных частиц материи.

Дело не только в том, что вселенная бесконечна, а следовательно, в ней бесконечны как количество материи, так и количество энергии, но и в многообразии форм движения материи, среди которых процесс превращения тепловой энергии в механическую является только одним из элементарных процессов. Второй принцип термодинамики оказался неприменимым и в квантовой механике, т. е. в атомном микромире. Таким образом, он не может рассматриваться как универсальный закон природы.

В новейшей идеалистической космологии, кроме попыток отстоять энергетическое старение и «тепловую

31
смерть» в
обосновать
в прошлом
ученых-идеалистов
(за триллионы лет)
история вселенной
шения материальной
но, непрерывно
чатся слияния
назад и бо
существование
ких темпе
ности при
творение
В нашей
космологии
и закон со
гии — эти
стороны,
зиуса дел
ческой с
ривается
ученые, и
ко отлич
бесконеч
творения
ким обр
баланса
предпол
креплял
Возник
теорий,
научны
своему
ляется
знания
В. И.
Этот
миров
лизм
В эпо

смерть» вселенной в будущем, проявилась тенденция обосновать на этом же принципе «начало» вселенной в прошлом. Если, согласно взглядам Джинса и других ученых-идеалистов, все вещество вселенной со временем (за триллионы лет) превращается в излучение, то вся история вселенной представляет собой процесс уменьшения массы, переходящей в излучение, а следовательно, непрерывного охлаждения. Этот процесс не мог начаться слишком давно (например, сотни триллионов лет назад и больше), так как тогда пришлось бы допустить существование в далеком прошлом невообразимо высоких температур. Значит, в пределах определенной давности приходится допустить «начало», иначе говоря, сотворение вселенной.

В нашу эпоху учеными-идеалистами выдвигаются космологические гипотезы, в равной мере отвергающие и закон сохранения материи и закон сохранения энергии — эти два крупнейших завоевания науки. С одной стороны, на основе давно опровергнутых взглядов Клаузиуса делается вывод о «старении» и неизбежной физической смерти вселенной (при этом вселенная рассматривается как конечная). С другой стороны, некоторые ученые, например английский ученый Хойл и, в несколько отличной форме, немецкий физик Иордан, не отрицая бесконечности вселенной, выдвинули предположения о творении материи и энергии «из ничего», объясняя таким образом поддержание материального и теплового баланса вселенной. Физическая несостоятельность таких предположений совершенно очевидна, сколь бы ни подкреплялись они математическими выкладками.

Возникновение и распространение идеалистических теорий, по сути своей противоречащих прямому смыслу научных достижений нашей эпохи, но пытающихся по-своему истолковать содержание этих достижений, является закономерным продолжением кризиса естествознания, начавшегося в конце XIX в. и вскрытого В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме». Этот кризис должен был еще более обостриться в эпоху мировых войн и социальных революций, когда капитализм перестал быть господствующей мировой системой. В эпоху сосуществования и соревнования двух мировых

систем — социалистической и капиталистической — усиливается борьба материалистического и идеалистического мировоззрений.

Идеологическая расстановка сил среди ученых капиталистических стран сложна, а мировоззрение большинства из них противоречиво. Как и прежде, выдающиеся ученые-естествоиспытатели в странах капитализма в научных изысканиях выступают как стихийные материалисты, направляя свои усилия на раскрытие объективных законов природы. Однако в условиях деградации капиталистической системы, на фоне которой все ярче выступают преимущества системы социалистической, активизируются реакционные силы, пытающиеся повернуть историю назад, стремящиеся к восстановлению капитализма во всем мире, к порабощению других народов, к развязыванию новых войн. Проведение такой политики неизбежно связано с пропагандой таких философских и социально-политических взглядов, которые отрицают закономерный характер исторического развития, приводящего народы к социализму, и насаждают веру в вечность и незыблемость капиталистических порядков.

В отличие от идеалистических теорий, отрицающих объективный характер и закономерность развития человеческого познания, диалектико-материалистическое мировоззрение, обоснованное и развитое в трудах Маркса, Энгельса, Ленина, утверждает, что научное познание не только раскрывает объективные и независимые от сознания законы природы, общества и мышления, но и развивается закономерно в процессе непрерывного расширения и углубления границ познанного. История астрономии, формирование передовых космологических представлений ярко и наглядно подтверждает как безграничные возможности познания, так и закономерность его развития. Научные понятия и теории меняются не потому, что они являются результатом свободной фантазии сменяющихся поколений ученых-исследователей, а потому, что новые открытия неизбежно приводят к новым обобщениям, в которых ранее открытые истины не отбрасываются как заблуждения, а находят свое место, сохраняют свое значение. В современных представлениях о вселенной, исторической основой которых является

гелиоцентрическое учение Коперника, развитое Бруно, Кеплером и Галилеем, получили подтверждение идеи Канта и Ламберта об иерархии космических систем, идеи Гершеля о непрерывно продолжающемся звездообразовании, идеи передовых ученых прошлого о взаимосвязи различных форм космической материи. Новые представления о природе тяготения, развитые Эйнштейном, не отбрасывают закон тяготения Ньютона, а сохраняют его как частный случай обобщенной теории. Новая геометрия Лобачевского и Римана не отменяет геометрию Евклида, а также рассматривает ее как частный случай в толковании свойств пространства. В современных представлениях о происхождении и развитии небесных тел и их систем убедительно раскрывается сложность и многообразие путей этого развития, но полностью сохраняют свое значение идеи Канта, Лапласа, Гершеля о роли диффузной материи во вселенной.

В нашей стране и в других странах социалистического лагеря диалектико-материалистическое учение Маркса — Энгельса — Ленина стало основой революционного изменения действительности, оно связало пути развития науки с задачами социалистического и коммунистического строительства. На этой основе стали возможны выдающиеся успехи советской науки в разработке ведущих проблем звездной астрономии и астрофизики, внегалактической астрономии, космогонии и, наконец, в области завоевания космического пространства.

В результате длительной, исторически неизбежной борьбы мировоззрений побеждает диалектический материализм, рассматривающий природу «такой, какая она есть», в ее развитии, во всей глубине присущих ей закономерностей, подтверждаемый успехами науки и всей практической деятельностью человечества. На его основе осуществляется решение проблемы природы и происхождения небесных тел и их систем, проблемы строения вселенной. Успехи изучения вселенной за последние полвека — начало и развитие внегалактической астрономии, начало изучения эволюции звезд, а затем и звездных систем, создание новых методов исследования, в

частности зарождение радиоастрономии,— возвестили новую эру в познании вселенной.

Даже во втором десятилетии XX в. еще продолжалась борьба вокруг материалистической идеи множественности звездных систем, которой противопоставлялась идеалистическая концепция единственности нашей Галактики. Победила материалистическая идея, подтвердившаяся данными науки. За последующие три десятилетия пределы наблюдаемой части вселенной раздвинулись в тысячи раз, обнаружилось новые структурные формы космической материи, ранее неизвестные. И это также является победой материализма, утверждающего многообразие форм материи во вселенной. Борьба материализма и его победа над идеализмом в современной космологии принесет с собой полное и окончательное освобождение этой области современного естествознания от влияния пережитков теологии.

На протяжении тысячелетий человек изучал просторы вселенной, используя для этого свои растущие познавательные возможности, но не имея технических средств оторваться от своей родной планеты — Земли. Первые искусственные спутники Земли, космические ракеты и межпланетные станции, запущенные в нашей стране, ознаменовали начало новой эры в исследовании вселенной.

В течение всей своей многовековой истории — от глубокой древности и вплоть до самых последних лет — астрономия, используя для своего прогресса все достижения математики, физики и многих других наук, сама оставалась, в основном, наблюдательной наукой. Это и понятно: космические явления и процессы в силу своей грандиозности и сложности не могут быть воспроизведены в земных лабораториях. Постичь их во всей глубине становится возможным по мере проникновения человека, вооруженного всеми средствами научного исследования, в глубины космического пространства.

Таким образом, запуск первых искусственных космических тел является началом превращения астрономии из науки наблюдательной в науку экспериментальную. Уже сейчас запуск искусственных космических тел дал возможность решить такие задачи, которые совсем не-

3'
...представ
...этого
...фотографирова
...графированная
...стране осуществ
...за которыми
...мические полеты
...человека на Луну
...редь на Венеру и
...близкого будущего
...полеты к дальним
...но, полеты к зве
...стояний, которые
...могут стать реали
...будущем. В при
...большей чем ско
...лактических про
...космических апп
...колоссальные р
...со скоростью св

давно представлялись неразрешимыми. Блестящим примером этого является осуществление в нашей стране фотографирования (а на основе его и подробного картографирования) обратной стороны Луны. В нашей же стране осуществлены первые полеты человека в космос, за которыми последуют все более и более дальние космические полеты. Можно не сомневаться, что полеты человека на Луну, а затем на планеты — в первую очередь на Венеру и на Марс — являются делом уже очень близкого будущего, а за ними, естественно, последуют полеты к дальним планетам солнечной системы. Конечно, полеты к звездам, связанные с преодолением расстояний, которые даже свет проходит за многие годы, могут стать реальностью лишь в относительно далеком будущем. В природе нет и не может быть скорости, большей чем скорость света. Поэтому для освоения галактических просторов необходимо сооружение таких космических аппаратов, которые позволят преодолевать колоссальные расстояния со скоростями, сравнимыми со скоростью света.

XII. ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Представления о возможности жизни вне Земли и о распространенности жизни во вселенной на раннем этапе своего развития были связаны с учением некоторых древнегреческих философов, утверждавших, что вся природа, а не только Земля, является носителем жизни и состоит из одушевленной материи. Идея же множественности обитаемых миров, среди которых Земля не занимает какого-то исключительного положения, смогла оформиться и получить распространение только после того, как были разрушены два предрассудка: противопоставление земного и небесного и представление о центральном положении Земли во вселенной. Эти предрассудки, в течение многих веков сковывавшие развитие науки, были разрушены благодаря великим открытиям Коперника и его ближайших продолжателей.

В философском учении Джордано Бруно и его пропаганде бесконечности вселенной получила наибольшее развитие идея, отнимавшая у Земли право считаться единственной обителью жизни: Бруно утверждал бесчисленное множество обитаемых миров во вселенной. Признание жизни вне Земли было прямым покушением на христианский догмат об искуплении, согласно которому человечество, а с ним и вообще органическая жизнь существует только на Земле, так как только здесь, благодаря явлению Христа — сына божьего, осуществилось искупление первородных грехов человека. Обвиненный в ереси, Бруно предстал перед судом инквизиции, закончившимся сожжением Бруно на костре. Вынося такой жестокий приговор, суд инквизиции обвинил Бруно, в частности, в пропаганде им множественности обитаемых миров.

х.л
Обогатившись
ника, которая
лишь как агис
только наче
гии, но и прам
мировоззрени
ным. Он логи
своих взглядов
истинности. Од
помощи всех
блюдениями по
положности зе
ство рельефа З
ников Юпитер
Земли, и т. п.
Бруно в деле
мых миров. О
ний, которым
зиции. Но у
странах, неп
инквизиции,
ронником бы
дец Гюйгенс
Новая э
ности обита
после того,
Б. Фонтене
стве миров
литератур
ности раз
иных пла
астроном
лем в пр
значитель
зики, его
должност
демии на
Ньютон,
блестящ
следоват
деятель
12 ю. г.

Обогащенная идеями Бруно система мира Коперника, которая до поры до времени рассматривалась лишь как «гипотеза и предположение», оказывалась не только началом освобождения естествознания от теологии, но и прямым вызовом схоластическо-теологическому мировоззрению. Учение Бруно было учением умозрительным. Он погиб на костре, убежденный в истинности своих взглядов, но не располагая доказательствами этой истинности. Однако уже через десять лет Галилей при помощи своих телескопов смог непосредственными наблюдениями показать ложность утверждения о противоположности земного и небесного: он обнаружил сходство рельефа Земли и Луны, обнаружил движения спутников Юпитера, аналогичные движению Луны вокруг Земли, и т. п. Галилей не был прямым преемником Бруно в деле пропаганды идеи множественности обитаемых миров. Он и не мог им быть в условиях преследований, которым подвергался со стороны римской инквизиции. Но уже многие ученые XVII в., работавшие в странах, неподвластных римской или кальвинистской инквизиции, были приверженцами этой идеи. Ее сторонником был и такой выдающийся ученый, как голландец Гюйгенс.

Новая эпоха в распространении идеи о множественности обитаемых миров наступила в конце XVII в., после того, как французский писатель-энциклопедист Б. Фонтенелль опубликовал книгу «Разговоры о множестве миров» (1686), в которой впервые в увлекательной литературной форме были изложены мысли о населенности разумными существами не только Земли, но и иных планет солнечной системы. Фонтенелль не был астрономом, как не был он и вообще естествоиспытателем в прямом смысле этого слова. Опубликованные им значительно позднее труды в защиту картезианской физики, его выступления (связанные с занимаемой им должностью постоянного секретаря Парижской Академии наук) с оценкой деятельности таких ученых, как Ньютон, Лейбниц и другие, характеризовали его как блестящего писателя-популяризатора, но не ученого-исследователя. Фонтенелль, начавший свою литературную деятельность в последней четверти XVII в., был в пер-

вую очередь просветителем, видным культурным деятелем своего века. Бернар Фонтенелль пропагандировал достижения науки своего времени, развивавшейся под



Бернар Фонтенелль (1657—1757).

флагом механистического и метафизического материализма, в корне отвергавшего и клерикальную ограниченность и всякие рецидивы схоластики и утверждавшего в первую очередь материальность и познаваемость мира.

«Разговор
жали перед
в пропаган
может быть
слабых сто
что механи
крайне при
условия ее
галось (име
бу сочини
и развиват
планетах и
тех физиче
небесном т

Но все
наиболее п
на основе
генса, умс
ность. Ли
усилить ее
ная в фор
не искуш
книга до
стемой м
просвеще
получила
католиче
ля. Кни
ше, чем
о закон
движен
теории
зианцем

Дав
зует «н
он исх
имена
Мерку
Марса
нивы
имеет

«Разговоры о множестве миров» Фонтенелля отражали передовые идеи века, однако следует заметить, что в пропаганде идеи множественности обитаемых миров, может быть, в наибольшей степени проявлялась одна из слабых сторон материализма того времени. Дело в том, что механистическому материализму были свойственны крайне примитивные воззрения на природу жизни и на условия ее возникновения и существования. Предполагалось (именно эта исходная предпосылка легла в основу сочинения Фонтенелля), что жизнь может возникнуть и развиваться, вплоть до своих высших форм, на других планетах и вообще на небесных телах, независимо от тех физических условий, которые могут быть на данном небесном теле.

Но все-таки книга Фонтенелля популяризировала наиболее передовые идеи своего века — идеи, возникшие на основе открытий Коперника, Галилея, Гевелия, Гюйгенса, умозрений Бруно и Спинозы, — и в этом ее ценность. Литературные достоинства книги могли только усилить ее воздействие на умы современников. Написанная в форме живого диалога между любознательной, но не искушенной в науках маркизой и ее ученым гостем, книга довольно обстоятельно знакомила читателей с системой мира Коперника (которая уже была достоянием просвещенных читателей Англии и Голландии, но еще не получила полного признания во Франции и в других католических странах) и с открытиями Кеплера и Галилея. Книга Фонтенелля была опубликована на год раньше, чем «Начала» Ньютона, поэтому в ней нет речи о законе всемирного тяготения Ньютона: объяснение движений небесных тел строится на основе декартовой теории вихрей. Впрочем Фонтенелль оставался картезианцем до конца своей долгой жизни.

Давая волю своей фантазии, Фонтенелль характеризует «население» планет солнечной системы. При этом он исходит из характера образов античной мифологии, имена которых стали названиями планет. Так, жители Меркурия обладают непомерной живостью, обитатели Марса безмерно воинственны, обитатели Сатурна — ленивы и пассивны. Каждая планета солнечной системы имеет свое население, своеобразное, но в то же время

вполне равноправное земному человечеству. Красной нитью сквозь книгу Фонтенелля проходит идея, отраженная в самом названии книги. Идея о «множестве миров», точнее, о «множественности обитаемых миров», сводится к тому, что жизнь и, в частности, существование высших форм жизни — не привилегия Земли, а законное достояние всех планет в бесконечной вселенной.

Мировоззрение самого Фонтенелля было глубоко противоречивым. В нем в гораздо большей степени, чем в мировоззрении его предшественников и современников — Гюйгенса, Ньютона, Локка, — совмещались материалистическое понимание природы и деистическое истолкование всего того, что в то время не могло еще быть до конца понято в свете уже открытых законов природы. Фонтенелль утверждал и пропагандировал множественность обитаемых миров в бесконечной вселенной, но существование этих миров, как и существование самой бесконечной вселенной во всем многообразии ее космического населения, для него было прежде всего проявлением всемогущества и мудрости божественной силы, создавшей эту вселенную. В этом сказывалась и историческая обстановка, в которой протекали жизнь и деятельность Фонтенелля (во всяком случае на ранних их этапах): наука Франции в освобождении от власти теологии значительно отстала от науки некоторых других стран Европы. В результате этого Фонтенелль, вслед за Джордано Бруно и Гюйгенсом провозглашавший идею множественности обитаемых миров, в рамках мировоззрения своего века пропагандировавший материалистические взгляды на устройство вселенной, вместе с тем был «предтечей» реакционного телеологического воззрения, согласно которому бесконечность вселенной является свидетельством мудрости и всемогущества ее творца, а обитаемость бесчисленных миров — телеологическим оправданием их создания и существования.

Тем не менее, прогрессивное влияние книги Фонтенелля было велико не только во Франции, но и во многих других странах. Она сыграла выдающуюся роль в распространении прогрессивного мировоззрения

в России. Она была переведена на русский язык после реформ Петра I, в значительной мере облегчивших дело развития и распространения научных знаний в нашей стране. Книгу Фонтенелля перевел на русский язык в 1730 г. выдающийся русский поэт-сатирик и один из образованнейших людей своего времени, русский посланник во Франции А. Д. Кантемир (1708—1744). Этот труд Кантемира вполне гармонировал с другими сторонами его литературной деятельности, в которой он выступал как незаурядный философ-просветитель и избличитель реакционных кругов русского общества, противившихся петровским реформам.

Но к тому времени, когда книга была переведена, Петра I уже не было в живых, а деятельность его преемников не способствовала развитию науки и просвещения в стране. Это послужило причиной тому, что только через десять лет, в 1740 г., книга Фонтенелля в русском переводе Кантемира увидела свет. Успех ее у русских читателей был настолько значителен, что вскоре возникла необходимость в повторном ее издании, но это сделать было нелегко. Влияние реакционно-клерикальных кругов, подорванное при Петре I, на некоторое время усилилось, в особенности в царствование императрицы Елизаветы, в конце которого руководящий орган православной церкви — Синод выступил (в 1757 г.) с представлением о запрещении печатания светской литературы, трактующей о «множестве миров», выходящей как в изданиях Академии наук, так и вне их, но под ее покровительством. «Множество миров» для церкви было страшнее, чем гелиоцентрическая система мира, которая по существу была уже признана не только русской наукой, но и в более широких кругах русского общества. Гелиоцентризм утверждал только, что Земля является рядовой планетой солнечной системы, в его рамках еще могло сохраниться представление о Земле как о единственной обители жизни во вселенной. Именно такое представление об исключительной роли Земли и хотела сохранить церковь, также вынужденная признать учение Коперника. Идея же «множественности миров» разрушала это представление и поэтому в наибольшей степени была «противна святой вере». Книга Фонтенелля

была запрещена, и разошедшиеся ее экземпляры изымались у владельцев.

Однако прогрессивным ученым во главе с М. В. Ломоносовым вскоре удалось не только добиться снятия запрета с книги, но и осуществить, наконец, выпуск ее второго издания в том же переводе Кантемира. Со временем и это издание стало редкостью *).

Блестящим продолжателем Фонтенелля как пропагандиста материалистических взглядов на устройство вселенной и идеи распространенности жизни в ней был Вольтер. Фонтенелль являлся предшественником «века просветительной философии», Вольтер же — ярким представителем этого века. В то время как Фонтенелль, по существу разрушая клерикальную догматику, открыто не отвергал ее, Вольтер был непримиримым врагом этой догматики, воинствующим борцом против католицизма.

В своей философской повести «Микромегас» (1752) Вольтер развивал мысль о том, что на небесных телах, более крупных, чем Земля, формы жизни могут быть более совершенными, познавательные возможности разумных существ — более широкими, глубже и присущая им интуиция. Великан со спутника Сириуса (именем этого великана названа повесть) различает тридцать девять цветов спектра, в то время как земные жители различают только семь; на спутнике Сириуса, как и на других, больших, чем Земля, небесных телах, воспринимаются такие субстанции, которые не мыслятся на Земле. Рост этого посланца с планеты, обращающейся вокруг ярчайшей звезды неба, составляет 120 000 королевских футов, т. е. он в 24 000 раз больше, чем рост земных людей, что соответствует и линейным размерам спутника Сириуса, которые в 24 000 раз превышают линейные размеры Земли. Таким образом, диаметр спутника Сириуса в повести Вольтера оказывается примерно в 200 раз большим диаметра Солнца, а сам Сириус, конечно, еще несравненно больше. На это обстоятельство интересно обратить внимание, так как в то время звезды рассматривались как тела, по размерам во вся-

*) В начале XIX в. в России одновременно вышли еще два издания «Разговоров о множестве миров» — одно опять-таки в переводе Кантемира, другое — в новом переводе Е. А. Трубецкой.

ком случае близкие к Солнцу, а идея центрального Солнца Ламбертом еще не была выдвинута. Посланник с системы Сириуса прибыл на Землю в сопровождении жителя Сатурна. Люди Сатурна живут 15 000 лет,



Вольтер (1694—1778).

у людей спутника Сириуса продолжительность жизни измеряется миллионами лет. Таким образом, хронологическая шкала жизни связана с размерами органических форм, т. е. с пространственной шкалой. Странствуя по вселенной, Микромегас побывал и на таких мирах, где жизнь разумных существ продолжается в тысячи раз больше, чем на его родине (по-видимому, эти миры сами гораздо больше по размерам, чем планеты Сириуса); различных субстанций там также известно больше, чем в системе Сириуса, а тем более — на Земле. Понятие

большого и малого оказывается более чем относительным: так, житель Сатурна, сверхгигант по отношению к земным людям, является пигмеем по сравнению с жителем спутника Сириуса; сам же житель этого спутника с полным основанием считает себя только каплей в беспредельном океане вселенной. Впрочем, на всех мирах, независимо от их размеров, происходит борьба знания против невежества, мудрости против пошлости, и в этом смысле миры разных порядков не различаются между собой.

В своем полете мысли, облеченной в блестящую литературную форму, Вольтер вплотную приблизился к тем космологическим обобщениям, которые в ближайшие годы после появления «Микромегаса» были сделаны Кантом и Ламбертом. Но целью Вольтера никогда не было разрешение каких бы то ни было космологических задач. Он был прежде всего борцом против мракобесия и невежества, за торжество разума на нашей планете. Вместе с тем он был несравненным мастером сатиры, использовавшим с этой целью достижения науки своего времени в наиболее прогрессивном аспекте. Достаточно вспомнить, как в конце своей сатирической повести Вольтер высмеял земного последователя Фомы Аквинского, который, несмотря ни на что, утверждал, что и Микромегас, и Сириус, со спутника которого он прибыл, и вся вселенная существуют «единственно для человека». После «Разговоров о множестве миров» Фонтенелля «Микромегас» Вольтера — одно из наиболее блестящих сатирических произведений — сыграл наибольшую роль в распространении идей бесконечности вселенной и множественности обитаемых миров.

В системе мира Ламберта, изложенной в «Космологических письмах» (1761), а потом и в ряде других книг, написанных популяризаторами идей Ламберта, обитаемость миров толковалась как телеологическое оправдание существования и самих обитаемых миров, и бесчисленных звезд, являющихся солнцами, призванными согревать и освещать обращающиеся около них обитаемые миры. Такими обитаемыми мирами считались не только планеты, но и кометы, которых согласно мнению Кеплера «во Вселенной больше, чем рыб в океане». При этом кометы признавались твердыми телами, не отличающи-

мися в этом на поверхно- орбитами, т звезды-солн сторах, дол- Понятно, чт всвания не ные живущ комет имею ли (именно популяриза в обоснова Для после существов обходимых вплоть до

Как у носовым учным по мых мир умозрени и неусташении да книги Ф на Солн критику вообще ности д должен рому «ф к просл его ар и сарка Ломон «Не живуц повед стову земля приме и в д

мися в этом отношении от планет. Физические условия на поверхностях комет, обладающих гиперболическими орбитами, т. е. не обращающихся вокруг какой-либо звезды-солнца, а странствующих в межзвездных просторах, должны меняться с огромной амплитудой. Понятно, что такого резкого изменения условий существования не могли бы вынести никакие существа, подобные живущим на Земле. Но если допустить, что жители комет имеют какое-то «иное строение», чем жители Земли (именно такое допущение и делалось Ламбертом и популяризаторами его учения), то всякое затруднение в обосновании обитаемости даже таких комет отпадало. Для последователей механистического материализма не существовало самого вопроса о сложности условий, необходимых для возникновения жизни и ее развития вплоть до высших форм.

Как уже было отмечено выше, открытие М. В. Ломоносовым атмосферы на Венере явилось косвенным научным подтверждением идеи множественности обитаемых миров, которая до этого основывалась только на умозрениях. Сам Ломоносов был сторонником этой идеи и неустанно ее пропагандировал. Его роль в этом отношении далеко не ограничивалась заботой о переиздании книги Фонтенелля. В «Прибавлении к явлению Венеры на Солнце» Ломоносов не только дал уничтожающую критику клерикально-схоластического мировоззрения вообще, но и рассмотрел вопрос о возможной населенности других миров. По цензурным условиям Ломоносов должен был придерживаться положения, согласно которому «физические размышления о строении мира служат к прославлению божиию и вере не вредны». Однако вся его аргументация, выдержанная в тоне острой иронии и сарказма, по существу подрывала самые основы веры. Ломоносов писал:

«Некоторые спрашивают, ежели-де на планетах есть живущие нам подобные люди, то какой они веры? Проповедано ли им евангелие? Крещены ли они в веру Христову? Сим дается ответ вопросный. В Южных великих землях, коих берега в нынешние времена почти только примечены мореплавателями, тамошние жители, также и в других неведомых землях обитатели, люди видом,

языком и всеми поведением от нас отменные, какой веры? И кто им проповедал евангелие? Ежели кто про то знать или их обратить и крестить хочет, тот пусть по евангельскому слову («не стяжите ни злата, ни сребра, ни меди при поясах ваших, ни пиры на пути, ни двою ризу, ни сапог, ни жезла») туда пойдет. И как свою проповедь окончит, то после пусть поедет для того-ж и на Венеру. Только бы труд его не был напрасен. Может быть, тамошние люди в Адаме не согрешили и для того всех из того следствий не надобно. Многи пути ко спасению. Многи обители на небесех» *).

И в русской и в мировой астрономической и космологической литературе конца XVIII и начала XIX вв. признание множественности обитаемых миров утверждалось и пропагандировалось как необходимый вывод из концепции бесконечности вселенной. Вместе с тем все чаще в литературе проводилась мысль, что множественность обитаемых миров не только не противоречит религиозной догматике, а, наоборот, подтверждает разумное устройство вселенной, созданной и управляемой высшими силами. Это положение, у Ломоносова являвшееся только условным тезисом для цензуры, у большинства метафизиков-материалистов XVIII в. и первой половины XIX в. оказывалось прямым следствием непоследовательности их мировоззрения, в котором естественнонаучный материализм совмещался с деизмом.

В XIX в. идея множественности обитаемых миров все в большей степени разделялась учеными и философами идеалистического лагеря. При этом они, подобно представителям механистического материализма, «населяли» все небесные тела, не считаясь с возможностью резкого отличия их физической природы от природы Земли.

Конечно, предположение В. Гершеля о возможности обитаемости Солнца, так же как и мнение Ламберта об обитаемости комет, не могли долго продержаться. Успехи науки в начале второй половины XIX в. показали, что природа звезд (в том числе Солнца) и комет исключает возможность существования на них органи-

*) М. В. Ломоносов, Полное собрание сочинений, т. 4, Изд. АН СССР, 1954, стр. 374—375.

ческой жизни. Но тем более вероятной представлялась обитаемость планет — твердых тел, занимающих в космической иерархии то же положение, что и Земля. Существование планетных систем у других звезд, умозрительно представлявшееся весьма вероятным, в то время не подтверждалось, но и не опровергалось никакими научными открытиями. Космогоническая гипотеза Лапласа рассматривала происхождение солнечной системы как типичный случай развития звезды и ее планет. Космогонические гипотезы, представлявшие образование планетной системы как редкое исключение, выпавшее на долю Солнца, появились позднее, уже в конце XIX в. и в XX в.

В начале 60-х гг. XIX в. началась деятельность К. Фламмарiona (1842—1925),



Камилл Фламмарион (1842—1925).

французского популяризатора астрономии. Заслуга Фламмарiona в деле распространения астрономических знаний и привлечения широких кругов любителей астрономии к активному участию в развитии этой науки, безусловно, очень велика. И в первом своем печатном произведении, носившем название «Множественность обитаемых миров», и в книгах, опубликованных позже, переведенных на многие языки и получивших широчайшее распространение, Фламмарион постоянно обращался к вопросу об обитаемости других миров, пропагандируя широкое распространение жизни во вселенной. А вместе с тем по своему мировоззрению Фламмарион был спиритом и мистиком. Как талантливый писатель-популяризатор Фламмарион

увлекал широкие круги читателей, и многие поколения любителей астрономии (в числе которых были и такие, которые позже стали систематически заниматься астрономией) воспитывались на его книгах. Но, пропагандируя множественность обитаемых миров, Фламмарин стал на вульгарную точку зрения, описывая жителей больших планет, цветущие миры, освещаемые



Джиованни Скиапарелли (1835—1910).

тремя солнцами (в системах кратных звезд), «букашек», ползающих на поверхностях астероидов. Эти своего рода «грезы духовидца» не могли иметь опоры в достижениях астрономической науки даже того времени, не говоря уже о позднейшей эпохе.

Особенности развития науки о вселенной во второй половине XIX и в начале XX вв., когда космология, в свое время далеко опережавшая позитивные достижения науки, резко отстала от научных завоеваний нового времени, отразились на состоянии и развитии проблемы обитаемости миров: широкие обобщения, делавшиеся Фламмаринем и его последователями, не имели научного обоснования. Однако в это время уже начались астрофизические исследования, создавшие предпосылки для конкретного изучения природы планет солнечной системы. Впервые после открытия существования атмосферы на Венере появилась возможность накапливать данные о состоянии поверхностей планет солнечной системы и для суждений об их обитаемости.

В 1877 г. итальянский астроном Дж. Скиапарелли (1835—1910), пользовавшийся репутацией замечательного наблюдателя, увидел на поверхности Марса необычные образования, систематическим изучением которых он занимался затем на протяжении многих лет. Скиапарелли заметил, что диск планеты испещрен линиями, соединяющими полярные «шапки» планеты с ее экваториальными областями и образующими пересеченную сеть на поверхности Марса. Эти прямые линии получили название «каналов». Правильность сети каналов, наблюдавшейся Скиапарелли, привела к мысли, что они являются грандиозными искусственными ирригационными сооружениями.

В это время в науке еще господствовала космогоническая гипотеза Лапласа, утверждавшая, что чем ближе планета к Солнцу, тем позднее она образовалась. Кольцо газового вещества, из которого образовался Марс, отделилось от первичной туманности раньше, чем кольцо, давшее начало Земле. Следовательно, Марс старше Земли. В то же время Марс меньше Земли, и его эволюция должна была протекать быстрее. Из этого делалось заключение, что разумные жители Марса достигли несравненно более высокого уровня развития, чем люди на Земле. Поскольку количество влаги на планете за время ее эволюции сильно уменьшилось, жители Марса, обладающие высокоразвитой техникой, прорыли каналы в тысячи километров длиной.

Нет необходимости подробно излагать здесь историю изучения каналов, в конце концов приведшего к выводу, что каналы не являются оптической иллюзией, а реально существуют, хотя и не имеют правильной формы. Идея населенности Марса высокоразвитыми существами увлекла не только многих талантливых романистов (Герберта Уэллса в Англии, Курта Лассвица в Германии и многих других), но и некоторых видных астрономов, в особенности американского астронома П. Лоуэлла (1855—1916), выстроившего в Аризоне (США) специальную обсерваторию для изучения Марса.

Позднейшие исследования привели к выводам о чрезвычайной суровости климата Марса, о разреженности его атмосферы, в которой так и не обнаружено

присутствия кислорода (даже в количестве 0,1% его содержания в земной атмосфере) и водяного пара. Гипотеза о населенности Марса разумными существами



Марс.

лишилась всякой почвы. Вопрос же о возможности существования на Марсе хотя бы некоторых форм растений остается и теперь, как будет видно далее, вопросом дискуссионным.

В современную эпоху проблема жизни во вселенной не может научно рассматриваться так, как она рассма-

хп)
...живалась
...как
...и не
...тический
...современн
...проблемы.
Жизнь
...следовате
...зависит о
...в данных
...ходимы о
...кислород
...жизнь ес
...вследств
...условиях
...тате оче
...иллюстр
Земля к
лет. В т
Земле, о
явились
образом
Земле
развити
Нес
большо
не мог
эволю
значит
никно
эволю
ваний
ленно
Ос
ленно
прир
при
Но Э
пред
чала
исто

тривалась прежде в свете механистического материализма, как она трактуется и теперь учеными-идеалистами и непоследовательными материалистами. Диалектический материализм, опирающийся на достижения современной науки, иначе подходит к решению этой проблемы.

Жизнь — это форма существования белковых тел, следовательно, наличие жизни в тех или иных условиях зависит от возможности образования и существования в данных условиях белковых соединений, для чего необходимы определенные температурные условия, наличие кислорода и воды в жидком состоянии. Вместе с тем жизнь есть высшая форма существования материи, вследствие чего, даже при всех имеющихся необходимых условиях, ее возникновение возможно только в результате очень и очень длительной эволюции материи. Для иллюстрации этого положения достаточно сказать, что Земля как планета существует пять-шесть миллиардов лет. В то же время древнейшие живые организмы на Земле, согласно выводам геологии и палеонтологии, появились лишь полтора-два миллиарда лет назад. Таким образом, появлению даже примитивных форм жизни на Земле предшествовало несколько миллиардов лет ее развития.

Несмотря на то, что живые организмы обладают большой приспособляемостью к окружающей среде, они не могут существовать в любых условиях. Сами условия эволюции материи не всегда и не везде одинаковы, а значит, не везде и не всегда они могут привести к возникновению жизни, являющейся высшим звеном этой эволюции. А это значит, что предположение о существовании жизни всегда и во всех уголках бесконечной вселенной не может быть названо научным.

Основные положения о путях развития жизни во вселенной были высказаны Ф. Энгельсом в «Диалектике природы», которая, как известно, не была опубликована при жизни автора и увидела свет значительно позднее. Но Энгельс, исходя из научных данных своего времени, предвосхитил те выводы, к которым пришла наука начала второй половины XX в. Бесконечная во времени история вселенной есть вечный круговорот, «в котором

ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения» *). Но в этом вечном круговороте, совершающемся в бесконечном пространстве вселенной, «...время наивысшего развития, время органической жизни и, еще более, время жизни существ, сознающих себя и природу, отмерено столь же скудно, как и то пространство, в пределах которого существуют жизнь и самосознание» **). Энгельс закончил введение к «Диалектике природы» замечанием о том, что если жизнь, существующая на Земле, погибнет, в силу железной необходимости в далекие от нас грядущие времена, то с той же необходимостью она возникнет вновь в другом месте и в другое время. Это мнение согласуется с заключением, что в той или иной конечной области бесконечной вселенной не всегда существует органическая жизнь, а в каждый конечный период времени в процессе вечного круговорота материи в бесконечной вселенной жизнь также существует не везде.

Эти мысли Энгельса о распространенности жизни во вселенной не были опровергнуты или поставлены под сомнение последующим развитием науки. Наоборот, они полностью подтверждаются выводами современной науки, накопившей огромный материал о космическом населении доступной изучению части вселенной и о возможности существования жизни в ее пределах.

Современная наука не оставляет сомнения в том, что из четырех известных в настоящее время основных форм космических образований — звезд, газовых облаков, космической пыли и планет — первые три формы, составляющие в совокупности почти всю массу космической материи в доступной для наблюдений области вселенной, не могут быть носителями жизни, если только стоять на позициях современной науки, не знающей какого-либо «иного строения» живых организмов, кроме белкового. Даже если считать, что планетные системы существуют у всех звезд и во всех галактиках, то и тогда окажется,

*) Ф. Энгельс, Диалектика природы, Госполитиздат, 1950, стр. 18.

**) Там же.

что планеты составляют ничтожную долю космической материи и еще более ничтожную долю космического пространства. Энгельс был безусловно прав, утверждая, что пространство для жизни во вселенной отмерено скудно.

Однако утверждать существование планетных систем и даже отдельных планет у всех без исключения звезд нет основания. Можно только полагать, что планеты — не редкое явление во вселенной, что они существуют у многих звезд и образуются одновременно со звездами из того же космического материала. Но далеко не все планеты могут быть обитаемы не только в данное время, но и в другие эпохи своей истории.

Возможно, существуют планеты у некоторых звезд, находящихся в неустойчивом состоянии, в частности у физических переменных звезд с постоянно меняющимся в широких пределах количеством излучаемой ими энергии. Однако на этих планетах не может быть постоянства температурных условий, необходимого для поддержания жизни. Необходимых условий не может быть и на планетах в системах двойных и кратных звезд, ибо движение таких планет чрезвычайно сложно; при обращении вокруг двух или более притягивающих центров расстояние планеты от них сильно меняется, а следовательно, значительно меняются и физические условия на ней.

При решении проблемы жизни во вселенной должны приниматься во внимание сложные процессы развития звезд и звездных систем, раскрываемые современной наукой. Так, результаты космогонических исследований, в сочетании с данными изучения происхождения жизни на Земле, свидетельствуют о том, что у горячих молодых звезд не может быть планет, обитаемых в настоящее время: для этого слишком коротка история их развития.

Вопрос о происхождении жизни на Земле имеет свою многолетнюю историю. В период кризиса естествознания возникла теория, согласно которой жизнь во вселенной переносится с одного небесного тела на другое. Для обоснования возможности такого переноса зародышей жизни привлекалось явление светового давления, благодаря которому мельчайшие пылинки могут уноситься в глубины мирового пространства. Эта теория, получившая

название «теории панспермии», разделялась многими крупными учеными. В особенности выдвигал и пропагандировал ее шведский ученый С. Аррениус. Однако эта теория по сути дела ничего не решала: она либо подменяла загадку возникновения жизни на Земле загадкой ее возникновения где-то в другом месте вселенной, либо сливалась с другой реакционной концепцией — теорией вечности жизни *), в свою очередь нередко смыкавшейся с учением витализма **).

В настоящее время теория происхождения жизни на Земле разработана советским ученым А. И. Опариным в свете современных представлений о происхождении Земли как планеты и о ее геологической истории. В основе этой теории лежит сложившееся в современной биохимии представление о том, что химический состав живых организмов резко отличается от химического состава неорганической природы.

Если в космической материи в целом преобладающим элементом является водород, а после него — гелий, то в веществе живых организмов преобладает кислород, затем — углерод, а водороду принадлежит только третье место, причем он составляет лишь десятую долю всего вещества. Таким образом, возникновение жизни на Земле могло произойти лишь в результате коренного изменения состава материи, первоначально образовавшей Землю, и появления на ней воды и органических веществ. Это был первый, начальный этап в длительном процессе создания условий для возникновения жизни. Второй этап был связан с образованием в той же среде более сложных органических соединений. Только на третьем этапе происходит резкое качественное изменение в состоянии органических веществ: возникают индивидуальные белковые тела. Если прежде органическое вещество было рассеяно в окружающей среде, то теперь

*) Теория вечности жизни предполагает ее изначальное существование вне связи с общими процессами эволюции материи.

**) Витализм — антинаучная концепция, согласно которой развитие жизни обусловлено и регулируется особой жизненной силой. Основные законы природы (закон сохранения и превращения энергии и др.) согласно этой концепции не причастны к процессам развития жизни.

оно собирается вместе. С этим процессом и сопровождающими его сложными реакциями обмена веществ между возникшими объединениями белковых молекул и окружающей средой связано возникновение первых организмов.

Понятно, что этот процесс был тесно связан с происходившими одновременно радикальными изменениями химического состава первоначальной земной атмосферы и должен был длиться сотни миллионов и миллиарды лет. За это время первичная земная атмосфера, состоявшая главным образом из аммиака (соединение водорода с азотом) и метана (соединение водорода с углеродом), успела рассеяться в пространстве. В итоге всех прошедших изменений преобладающим элементом земной атмосферы после азота стал кислород. Его современное обилие на Земле связано с процессом фотосинтеза, начало которого было положено появлением первых растительных организмов.

Таким образом, существующие живые организмы в процессе своего развития активно участвуют в создании окружающей их среды, а тем самым в улучшении условий своего существования. Деятельность растений обусловила появление свободного кислорода в земной атмосфере в современной его пропорции. Изучение строения земного шара привело в XX в. к созданию представлений о биосфере как об оболочке, занятой совокупностью живых организмов, населяющих Землю. Находящееся внутри биосферы вещество переработано в процессе развития жизни под воздействием обмена между живыми организмами и окружающей их средой. Возникшая жизнь становится мощным фактором преобразования этой, внешней по отношению к организмам среды. Но жизнь не может возникнуть в любой среде и при любых первоначальных условиях.

Итак, жизнь в форме сложившихся организмов появилась на Земле через несколько миллиардов лет после ее формирования как планеты. Это могло произойти только благодаря тому, что в течение всего этого гигантского периода времени Солнце оставалось «стационарной» звездой, равномерно излучавшей энергию и тем самым обеспечивавшей устойчивость физических условий

необходимую для образования жизни на Земле в обстановке непрерывных и сложных химических превращений.

Что же можно сказать о существовании жизни на других планетах солнечной системы? Возникновение и развитие жизни на Земле протекало в сложных взаимодействиях с окружающей средой, с атмосферой, причем в результате жизнедеятельности организмов, как уже указывалось, в известной степени изменялся и состав атмосферы. Поэтому те или иные предположения о возможности жизни на планете можно делать, изучая состав атмосфер планет. Для того чтобы на планете возникла и развилась жизнь, необходимо, чтобы она получала определенное количество тепла и света от Солнца — не слишком малое, но и не чрезмерное. Лишь небесные тела, имеющие достаточную массу, могут удержать атмосферу, необходимую для зарождения и развития жизни.

Изучение физических условий на планетах и сравнение их с требованиями, описанными выше, позволяет судить о возможности существования на них жизни. Детальные исследования убедительно показали, что на большинстве тел солнечной системы жизнь невозможна.

Современные данные о природе планет-гигантов — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна — не оставляют сомнения в том, что природа их резко отличается от земной. Незначительная средняя плотность планет-гигантов (плотность Сатурна, например, составляет $0,68 \text{ г/см}^3$, тогда как плотность Земли — $5,5 \text{ г/см}^3$) обусловлена обширностью их атмосфер, а самый состав этих атмосфер свидетельствует о том, что эволюция планет-гигантов протекала иначе, чем эволюция Земли.

Незначительная масса Земли, а следовательно, и малая сила ее притяжения, послужила причиной того, что уже на начальных стадиях своего существования Земля утратила первичную водородную атмосферу. Планеты-гиганты с их значительно большими массами сохранили свои первичные атмосферы с преобладанием водорода. Его соединение с другими распространенными элементами — углеродом и азотом — определило современный состав атмосфер планет-гигантов, в которых преобладают метан и аммиак. При таком составе атмосфер вряд ли можно

говорить о возможности существования на Юпитере, Сатурне, Уране и Нептуне жизни в ее мыслимых формах. К этому можно прибавить, что температура атмосфер планет-гигантов чрезвычайно низка и составляет от -150 до -250° С. О физических условиях на Плутоне в сущности ничего не известно, но бесспорно, что эта наиболее удаленная из известных в настоящее время планет еще менее приспособлена для жизни, чем планеты-гиганты.

Можно предположить, что где-то, на расстояниях, превышающих расстояние Плутона от Солнца, обращается еще одна или несколько планет солнечной системы. Но эти планеты, как и Плутон, могут получить столь мало тепла от Солнца, что ни о каком развитии жизни на них не может быть и речи. По другим причинам невозможна жизнь на Меркурии — ближайшей к Солнцу планете. Меркурий не имеет атмосферы. Период его вращения вокруг оси совпадает, как и у Луны, с периодом обращения по орбите. Поэтому Меркурий всегда обращен к Солнцу одной и той же стороной, вследствие чего на одной его стороне температура доходит до 400° С, а на другой — близка к абсолютному нулю, что также исключает возможность существования жизни. Нельзя предполагать существование жизни и на Луне, почти лишенной атмосферы. Поверхность Луны и физические условия на ней изучены достаточно хорошо, и данные наблюдений свидетельствуют, что поверхность спутника Земли представляет собой безжизненную пустыню.

Вопрос о существовании жизни в солнечной системе, таким образом, сводится к вопросу о возможной обитаемости двух планет — Марса и Венеры, являющихся ближайшими соседями Земли.

Возможности для изучения этих двух планет различны, хотя, двигаясь по своим орбитам вокруг Солнца, они примерно на одинаковое расстояние приближаются к Земле. Разреженная атмосфера Марса позволяет изучить его поверхность, но именно эта разреженность атмосферы (в которой, как уже было сказано, не обнаружено присутствия кислорода и водяного пара) заставляет особенно осторожно подходить к решению вопроса о жизни на этой планете. Венера, наоборот, окружена

плотной атмосферой, открытой еще Ломоносовым, однако эта, насыщенная облаками атмосфера скрывает поверхность планеты, которая, таким образом, недоступна для оптических наблюдений.

В результате детальных исследований Марса в течение последних десятилетий было получено много ценных сведений, позволивших составить о природе Марса определенные представления. Климат на Марсе отличается исключительной суровостью. Температура на его поверхности в общем ниже, чем на самых высоких горных вершинах Земли. Темные пятна, видимые на поверхности Марса и рассматривавшиеся прежде как «моря», в настоящее время не считаются реальными водоемами и, очевидно, являются участками суши. Сезонные изменения окраски этих областей привели некоторых исследователей к мнению о том, что марсианские «моря» — это районы, покрытые растительностью. Правда, по окраске «моря» отличаются от земной растительности, не обнаружено и признаков наличия хлорофилла, имеющегося в земных растениях, но это, конечно, не может служить доказательством отсутствия на Марсе растений, так как формы растительности на этой планете могут значительно отличаться от земных. Однако химический состав атмосферы и климат Марса не подтверждают его обитаемости.

Дискуссия по вопросу о существовании жизни на Марсе вступила в новую фазу в связи с исследованиями советского ученого Г. А. Тихова (1875—1960). Изучая спектральные особенности земных растений и сравнивая их с соответствующими свойствами отдельных участков поверхности Марса, Тихов пришел к выводу, что на Марсе имеется низкорослая, стелющаяся растительность, подобная земным мхам и лишайникам, приспособившаяся к суровым условиям климата Марса. Однако эти заключения Тихова (как и его мнение о возможности существования микроорганизмов на планетах-гигантах) разделяются далеко не всеми учеными. Они вызвали, в частности, серьезные возражения со стороны В. Г. Фесенкова, и в настоящее время вопрос о жизни на Марсе не может считаться окончательно решенным.

Но как бы ни был решен вопрос о существовании жизни на Марсе, эта частная проблема, вопреки мнению

Тихова и его последователей, не имеет принципиального научно-философского значения. Конечно, открытие живых организмов на Марсе (как и на ином небесном теле) было бы опытным подтверждением умозрительно бесспорного положения о существовании жизни вне Земли. И это было бы тем более интересно, что существование жизни на других телах солнечной системы, кроме Марса и Венеры, как установлено наукой, невозможно. Но даже если окончательно выяснится отсутствие жизни на Марсе, то это не будет ни в коей мере противоречить положениям диалектического материализма, согласно которым жизнь возникает только там, где имеются все необходимые условия для ее возникновения. Диалектический материализм является учением о наиболее общих законах развития природы. Эти законы заложены в самой природе и не зависят от человеческого сознания. Но они не зависят также от наличия или отсутствия жизни на Марсе или на какой-либо иной конкретной планете. Может оказаться, что на Марсе нет и не было условий, необходимых для зарождения и развития жизни, но в бесконечной вселенной, несомненно, имеется множество тел, на которых такие условия существуют и где развивается жизнь в тех или иных формах.

Неопределенным остается вопрос о возможности жизни на Венере. Плотная облачная атмосфера Венеры, скрывающая от наблюдателей поверхность планеты, чрезвычайно затрудняет попытки установить период вращения Венеры вокруг оси. Некоторые исследователи приходили к выводу, что и у Венеры, как у Меркурия, осевое вращение и обращение вокруг Солнца имеют одинаковый период, т. е. что она обращена к Солнцу всегда одной стороной.

Если это так, то по причинам, аналогичным причинам отсутствия жизни на Меркурии, вряд ли можно предполагать существование жизни и на этой планете. Однако более вероятно, что период суточного вращения Венеры отличен от периода годичного обращения вокруг Солнца. Результаты осуществленной весной 1961 г. в Советском Союзе радиолокации Венеры позволили советским ученым сделать вывод, что Венера обращается вокруг своей оси за 9—11 суток. В этом случае температура на

поверхности Венеры должна распределяться более равномерно.

В атмосфере Венеры не обнаружен кислород, в то же время в весьма значительных количествах в ней имеется углекислый газ, непригодный для дыхания животных и в земной атмосфере присутствующий в виде ничтожной примеси (0,03%). Но это обстоятельство не может служить доказательством необитаемости Венеры. Дело в том, что из-за обширности и плотности атмосферы этой планеты для астрофизических наблюдений доступны лишь верхние ее слои, состав же нижних слоев может быть и совсем иным. В 1961 г. в атмосфере Венеры обнаружены водяные пары.

Высказывались различные предположения о физических условиях на поверхности Венеры. В свете космогонической гипотезы Лапласа, согласно которой Венера образовалась позднее Земли, представлялось вполне вероятным, что Венера в настоящее время находится на той стадии своего развития, на которой Земля находилась миллиард или более лет назад. Но и сейчас, когда гипотеза Лапласа давно уже оставлена, такое предположение не лишено смысла, так как из допущения об одновременном образовании всех планет еще не вытекает, что последующая эволюция планет «земной» группы должна была протекать одинаковыми темпами. Не исключена возможность того, что Венера в настоящее время действительно находится на той стадии своей планетной эволюции, на какой находилась Земля в давно минувшие геологические периоды, — может быть, в тот период, когда на ней в связи с возникновением органической жизни начался процесс фотосинтеза, приведший к созданию обновленной атмосферы, насыщенной кислородом и благоприятствующий созданию высших форм органической материи вплоть до человека.

В последнее время изучению физики Венеры уделяется значительное внимание. Однако результаты этих исследований нередко весьма противоречивы: высказываются самые различные и исключаящие друг друга мнения как о природе поверхности Венеры, так и о составе ее атмосферы. Так, ряд ученых, в частности американские астрономы Мензел и Уилл, полагают, что поверхность

XII]
Венеры пр
облака в а
Другие ж
верхность
ги на план
Совсем
Венеры п
(до неско
планеты.
верки, но
носиться
Венере.

Все с
на Вене
быть по
развити
жизни н
указыва
значени
распрос
этого п
вечной
мическу

Нет
возмож
солнеч
ков по
Масса
удерж
кам с
никам
сто —
Тритон
тел э
и Ма
масс
ках т
раща
для
руж

Венеры представляет собой сплошной водный океан, а облака в атмосфере Венеры состоят из водяных капель. Другие же астрономы придерживаются мнения, что поверхность Венеры — это засушливая пустыня и что влаги на планете очень мало.

Совсем недавно радиоастрономические наблюдения Венеры привели к заключению о чрезвычайно высокой (до нескольких сотен градусов) температуре поверхности планеты. Эти заключения требуют еще тщательной проверки, но, конечно, они заставляют весьма осторожно относиться к предположениям о существовании жизни на Венере.

Все сказанное о возможности существования жизни на Венере — только предположения, которые должны быть подтверждены или отвергнуты при дальнейшем развитии науки. Но решение вопроса о существовании жизни на Венере, как и о наличии жизни на Марсе, как указывалось, не имеет принципиального философского значения. Жизнь является высшей, а поэтому и не столь распространенной формой материи во вселенной. В свете этого положения вполне возможно, что в пределах солнечной системы условия для жизни в современную космическую эпоху сложились только на Земле.

Нет необходимости отдельно рассматривать вопрос о возможности существования жизни на спутниках планет солнечной системы. Подавляющее большинство спутников по размерам и по массе значительно меньше Луны. Масса Луны оказалась недостаточной для того, чтобы удержать атмосферу; тем более это относится к спутникам с меньшей массой. Наибольшими по размерам спутниками в солнечной системе являются Ганимед и Каллисто — спутники Юпитера, Титан — спутник Сатурна и Тритон — спутник Нептуна. Размеры всех этих небесных тел заключены в пределах между размерами Меркурия и Марса, но только Тритон имеет массу, большую, чем масса Меркурия. Температурные условия на этих спутниках такие же, как и на планетах, вокруг которых они обращаются, и, следовательно, столь же неблагоприятные для возникновения живых организмов. Атмосфера обнаружена только у Титана, причем по своему химическому

составу она не отличается от атмосферы Сатурна. Нет поэтому оснований предполагать существование жизни даже на наиболее крупных спутниках больших планет.

Перспективы космических полетов открывают новые возможности для изучения природы по крайней мере ближайших к Земле планет солнечной системы — Венеры, Марса, Меркурия. Конечно, уже первые полеты на Марс и Венеру автоматических станций, а тем более обитаемых космических кораблей позволят окончательно решить вопрос о наличии или отсутствии жизни на этих планетах. Такие полеты несомненно будут осуществлены в ближайшие десятилетия. Возможно, однако, что успехи планетной астрономии позволят подойти к решению этого вопроса даже и в более раннее время — еще до первых межпланетных полетов. Но этим не будет снижено значение задач, стоящих перед первыми астронавтами — путешественниками на другие планеты: их задачей будет исследование таких свойств и особенностей природы других миров, которые даже и при современных, быстро развивающихся методах исследований не могут быть изучены с Земли.

Распространенность жизни в Галактике лимитируется сложной совокупностью ограничительных условий, вследствие чего только у звезд некоторых типов могут быть планеты, на которых возможны физические условия, необходимые для зарождения и развития жизни. Однако и из таких планет, очевидно, не все могут оказаться реальными носителями жизни.

Исходя из данных анализа этих ограничивающих условий и применяя допущения, вытекающие из теории вероятностей, В. Г. Фесенков пришел к выводу, что в Галактике одна обитаемая планета приходится примерно на миллион звезд. Конечно, это расчет более чем приближенный и, вполне возможно, преуменьшающий действительное количество обитаемых планет в Галактике. Однако современные представления о природе космического населения Галактики приводят к выводу о редкости в ней обитаемых миров.

К этому можно прибавить, что развитие жизни на той или иной планете может и не привести к созданию «мыслящего духа», к появлению на ней разумных оби-

хил
тателей, дост
лектуального
с тем эпох
по сравнению
Несомненно
вия для воз
мых примит
духа» треб
му, сколько
далеко не
ствовать р

Однако
нельзя ме
системы,
нием. Мо
к числу
правильн
лаков, и
жающего
также з
нии, — б
ские, гд
этому
в том
ствами
звездн
шей Г

Вы
тверж
ликом
те уч
вые
мен
явля
мич
вен
нее
су

тателей, достигших такого же или более высокого интеллектуального уровня, чем земное человечество. Вместе с тем эпоха существования человечества очень невелика по сравнению с продолжительностью жизни на Земле. Несомненно, что на любой планете, где сложились условия для возникновения жизни, процесс эволюции от самых примитивных организмов до появления «мыслящего духа» требует огромных промежутков времени. Поэтому, сколько бы ни было обитаемых планет в галактике, далеко не на всех из них могут в данное время существовать разумные обитатели.

Однако положения, верные для нашей Галактики, нельзя механически распространять на другие звездные системы, с отличным от Галактики космическим населением. Можно думать, что спиральные звездные системы, к числу которых принадлежит и наша Галактика, и неправильные звездные системы типа Магеллановых Облаков, изобилующие (в условиях интенсивно продолжающегося звездообразования) молодыми звездами, а также звездами, находящимися в неустойчивом состоянии, — беднее очагами жизни, чем галактики эллиптические, где значительно больше стационарных звезд. Поэтому в эллиптических галактиках обитаемых планет, в том числе и планет, населенных разумными существами, может оказаться значительно больше, чем в звездных системах, сходных по своему строению с нашей Галактикой.

Выводы современной науки, таким образом, подтверждают гениальное умозрение Джордано Бруно о великом множестве обитаемых миров во вселенной. В свете учения о структурной бесконечности вселенной, впервые выдвинутого Ламбертом и подтверждаемого современной наукой, не только галактики, но и метagalактики являются лишь звеньями в безграничной иерархии космических систем. Как ни сложны условия для возникновения и развития жизни, как ни скудно отмеряются для нее пространство и время, но в бесконечной вселенной существует и бесконечное множество обитаемых миров.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- | | |
|--|---|
| Абу-ль Вэфа 54 | Берос 33 |
| Августин Аврелий 48 | Бессель 188, 189, 191, 195, 264 |
| Авенариус 231, 232, 349 | Бёркли 223, 232 |
| Адамс В. 264 | Бильфингер Г. 163 |
| Адамс Д. 207 | Бируни 55—59, 83, 102 |
| Александр Македонский 31, 33, 51, 52 | Блажко С. Н. 246, 247 |
| Али Кушчи 60 | Блеу 161 |
| Ал-Каши (Джемшид) 60 | Боде 159 |
| Алкуин 62 | Боккачио 61 |
| Аль-Баттани 54 | Бонди 341 |
| Альвен 322, 323 | Бошкович 227 |
| Аль-Кинди 56 | Брадлей 142—144, 174, 189, 203 |
| Аль-Мамун 54, 55 | Брамагупта 58 |
| Аль-Фараби 56 | Бредихин Ф. А. 111 |
| Альфонс Х 63 | Брудзевский 73, 74 |
| Аль-Хорезми 55 | Бруно 90—94, 100, 110, 357, 360, 361, 363, 364, 387 |
| Амбарцумян В. А. 308, 310, 331, 332 | Брюс Я. В. 121, 162 |
| Анаксимандр 23, 24, 25 | Брюсов В. Я. 240 |
| Аполлоний 32, 36, 38, 41 | Буйо 183 |
| Араго 191 | Бунзен 209 |
| Аргеландер 189, 190 | Буридан 65 |
| Арзахель 54 | Бэкон Р. 65—67, 102 |
| Ариабхата 46 | Бэкон Ф. 113—115, 132, 140, 223 |
| Аристарх 34, 35, 40, 83 | Бюффон 152—154 |
| Аристилл 32 | |
| Аристотель 28—32, 39, 40, 42, 49, 63, 65, 68, 71, 72, 80, 85, 104, 109, 112, 125 | Ван Маанен 237 |
| Аро 314 | Варахамихара 46 |
| Аррениус 340, 341, 378 | Васко да Гама 71 |
| Аррест 219, 234 | Ваценрод 73 |
| Архимед 34, 35 | Вергилий 40 |
| Атласов З. В. 161 | Вишневский В. К. 163 |
| | Владислав Ягелло 73 |
| Бааде 288—291, 317, 337 | Вокулёр 294, 329, 332 |
| Белопольский А. А. 242, 243, 248 | Вольтер 139, 140, 366—368 |
| Бернулли Д. 163 | Вольф М. 252 |
| | Вольф Х. 155 |
| | Воронцов-Вельяминов Б. А. 312, 328 |

Газе В. 3. 3.
 Галилей 30, 135, 136
 123, 363
 Галлей 122—123, 142, 152, 195
 Гарриот 105
 Гаскойн 117, 195
 Гаусс 189, 195
 Гевелий 118—119
 Гелон 35
 Гендерсон 19
 Гераклит 23—24
 Герберт 62
 Гершпрунг 195
 Гершель В. 198, 204, 205, 268, 269, 300
 Гершель Д.
 Гиерон 35
 Гизе Тидема
 Гильберт 90
 Гиппарх 33
 Горрокс 122
 Гумбольдт
 Гюйар 306
 Гюйгенс 113, 130, 361,
 Д'Аламбер
 Данте 61
 Дежнев С.
 Декарт 130—132
 Делиль Ж.
 Демокрит
 Джинс 3
 Диггес 9
 Дидро 13
 Доплер
 Дунс Скотт
 Дюринг
 Евдокс
 Евклид
 Епифан
 Зеелигер
 Ибн-Сина
 Ибн-Юнус
 Инголи

- Газе В. Ф. 310
 Галилей 30, 103—115, 117, 118, 120, 125, 132, 345, 357, 361, 363
 Галлей 122—124, 130, 139, 141, 142, 152, 198
 Гарриот 105
 Гаскойн 117, 120
 Гаусс 189, 190
 Гевелий 118—120, 124, 161, 363
 Гелон 35
 Гендерсон 191, 195, 197, 264
 Гераклит 23—25
 Герберт 62
 Герцшпрунг 269, 307
 Гершель В. 174—185, 187, 196—198, 204, 205, 214—219, 222, 266, 268, 269, 302, 357, 370
 Гершель Д. 191, 195
 Гиерон 35
 Гизе Тидеман 78
 Гильберт 90
 Гиппарх 33, 36, 38, 39, 141, 144
 Горрокс 122
 Гумбольдт 206
 Гюйар 306
 Гюйгенс 117, 119—121, 123, 128, 130, 361, 363, 364

 Д'Аламбер 138, 166
 Данте 61
 Дежнев С. 161
 Декарт 114—117, 125, 127, 128, 130—132, 136, 137, 139, 140, 223
 Делиль Ж. Н. 163
 Демокрит 25, 26, 51, 108
 Джинс 306, 307, 355
 Диггес 90, 94
 Дидро 138
 Доплер 220
 Дунс Скотт 65
 Дюринг 335, 336

 Евдокс 26, 27, 32, 39, 339
 Евклид 225, 226, 228—230, 357
 Елифаний Славинецкий 161

 Зеелигер 238
 Ибн-Сина (Авиценна) 56
 Ибн-Юнис 54
 Инголи 110

 Иноходцев П. Б. 173
 Иоанн Дамаскин 49, 50
 Иоанн Экзарх 49, 50
 Иордан 355
 Истон 234, 247

 Казимир III 73
 Кальвин 92
 Камбиз 51
 Кант 147—154, 159, 174, 179, 184, 185, 190, 200, 205, 215, 218, 228, 230, 234, 240, 268, 269, 302, 323, 357, 368
 Кантемир А. Д. 365, 366
 Капп 342
 Каптейн 250, 252
 Карл Великий 62
 Кассини Д. 120, 122
 Кассини Ж. 138
 Кеплер 87, 94—101, 109, 114, 123, 125—127, 156, 166, 197, 267, 351, 357, 365, 368
 Кёртис 249—253, 286
 Кидинну 21
 Килер 220, 236, 279
 Кир 51
 Кирик 160
 Кирхгоф 209, 211
 Клавиус 92
 Клаузиус 353—355
 Клеро 138, 139, 166, 167, 172
 Ковальский М. А. 201—204, 214, 267
 Козьма Индикоплевст 50
 Колумб 70, 71
 Конт 212
 Конфуций 28
 Коперник 11, 40, 70, 71, 73—91, 94, 96, 99—102, 110, 111, 113, 114, 120—123, 125, 133, 136, 137, 161, 163, 172, 350, 351, 357, 360, 363, 365
 Корш Ф. Е. 59
 Костинский С. К. 238, 248
 Курганов Н. Г. 173
 Кэвендиш 167

 Лакайль 145
 Ламберт 154—159, 174, 179, 190, 200, 205, 215, 219, 234, 239, 240, 257, 296, 368, 370, 387

Лао Цзы 20
 Лаплас 151, 184—187, 269, 302—305, 371, 373
 Лассвиц 373
 Леверье 207
 Лейбниц 47, 126, 130, 361
 Лексель 163, 176, 207
 Леметр 335—340
 Ленин В. И. 231—233, 339, 355
 Леонардо да Винчи 70, 72
 Ливитт 244
 Лигонде 306
 Литтров И. И. 191
 Лобачевский Н. И. 225—230, 347, 348, 357
 Лойола 91
 Локк 113, 140, 223, 364
 Ломоносов М. В. 149, 167—173, 366, 369, 370
 Лоуэлл 373
 Лукреций Кар 37
 Лундмарк 253, 254
 Лютер 78

Мавролико 86
 Магеллан 121
 Магницкий Л. Ф. 162
 Майер Т. 142, 177
 Мальбранш 155
 Маральди 138
 Маркс К. 10, 28, 61, 221, 356
 Масевич А. Г. 315
 Маундер 234
 Мах 231, 232, 349
 Мензел 384
 Мериан 159
 Мессье 145, 181
 Местлич 96
 Микеланджело 70, 72
 Милн 339, 340
 Мопертюи 138
 Мор Т. 70
 Москвитин И. Ю. 161
 Мультон 305, 306
 Мэдлер 201—203, 267
 Мюллер И. (Региомонтан) 71, 72, 102
 Мюнцер 70

Нань Гун-шо 46
 Насирэддин Туси 60, 102

Непер 125
 Николай Кузанский 38, 65, 67, 68, 83, 91
 Николай Орезмский 65
 Ньютон 30, 47, 101, 117, 125—133, 135—137, 139, 140, 149, 164, 172, 224—226, 342, 345, 351, 357, 361, 363, 364

Оккам 65
 Ольберс 199, 200
 Омар Хайям 58, 59
 Оорт 203
 Опарин А. И. 378
 Осиандер 78, 80, 82, 86, 110
 Оствальд 232

Паренаго П. П. 266, 283
 Парийский Н. Н. 306
 Парсонс (Росс) 204, 208, 214, 279
 Перевошиков Д. М. 191
 Петерс Х. И. 197, 201
 Петр I 119, 121, 162, 163, 171, 365
 Петрарка 61
 Пиаччи 186
 Пикар 121, 129
 Пикеринг 244, 246
 Пико де-ла Мирандола 70
 Пифагор 24, 37, 97
 Платон 26, 29, 31, 39, 65, 68
 Плиний Старший 37
 Плоткин И. Р. 354
 Помпонации 70
 Попов Н. И. 163
 Посидоний 41
 Посошков И. Т. 162
 Птолемей 33, 38—42, 47, 53, 54, 58, 63, 67, 71, 73, 85, 88, 125, 339, 350
 Пурбах 71
 Путята А. Д. 235

Рабле 70
 Райт Т. 146—148, 174
 Рафаэль 70
 Рейнгольд 86
 Рейхлин 70
 Рассел 269, 270, 307, 308
 Ретик 78, 86

Рёмер 124, 142
 Рикорд 20
 Риман 229, 233
 Рише 122
 Роль Любен
 Румовский С.

Сайама 341
 Сакробоско
 Сандидж 29
 Сведенборг
 Секки 211
 Сенека 37
 Сервет 92
 Си 308
 Скиапарелл
 Снеллиус
 Созиген 36
 Слиноза 1
 Стратонов
 Струве В.
 214, 219
 Струве О.
 Струве О.

Табит бе
 Тертулли
 Тимохар
 Тихо Бр
 119, 1
 Тихов
 Тициан
 Томсон
 Трубен

Уиппл
 Улугб
 Умов
 Умов
 Уэллс

Фай
 Фале
 Фей
 Феол
 Фес
 Фил
 Фла
 Фле

Рёмер 124, 143, 144
Рикорд 90
Риман 229, 230, 347, 348, 357
Рише 122
Роль Любенецкий 119, 124
Румовский С. Я. 163, 173

Сайама 341
Сакробоско 63
Сандидж 291
Сведенборг 146, 148, 174
Секки 211
Сенека 37
Сервет 92
Си 308
Скиапарелли 372, 373
Снеллиус 121
Созиген 36
Спиноза 116, 363
Стратонов В. В. 234, 247, 248
Струве В. Я. 191—201, 203, 204,
214, 219, 258, 264, 265, 276
Струве О. В. 214—219, 235, 248
Струве О. Л. 315

Табит бен Корра 54
Тертуллиан 48
Тимохарис 32
Тихо Браге 87—89, 97, 98, 100,
119, 141, 188
Тихов Г. А. 382, 383
Тициан 70
Томсон В. (Кельвин) 354
Трубецкая Е. А. 366

Уиппл 384
Улугбек 60, 87
Умов Н. А. 243
Умов П. 59
Уэллс 373

Фай 305
Фалес 23, 25
Фейербах 13
Феофан Прокопович 162
Фесенков В. Г. 320, 382, 386
Филолай 25, 26, 83
Фламмарион 371, 372
Флемстид 141, 142

Фок В. А. 350
Фома Аквинский 65, 67, 368
Фонтенелль 139, 361—366
Фраунгофер 194, 209, 210
Фридман А. А. 351
Фурнье Д'Альб 239, 240

Хаббл 253—256, 278, 286, 291,
326, 334
Хербиг 312
Хёггинс 217, 218
Хойл 355

Цвикки 328, 331
Цераская Л. П. 246
Цераский В. К. 245, 246

Челюскин С. 161
Чемберлин 305, 306
Чернышевский Н. Г. 191
Чжан Хэн 38, 46
Чосер 63
Чу Конг 20

Шайн Г. А. 274, 310, 311, 315,
332
Шарлье 238
Шезо 199, 200
Шейнер И. 92, 109
Шейнер Ю. 234
Шепли 243—253, 286, 287, 341
Ширакаси 51, 108
Ши Шень 28
Шмидт О. Ю. 320—323
Шонер 78
Шуберт Ф. И. 163, 173

Эддингтон 252, 336, 341
Эйбелл 294
Эйлер Л. 164—167
Эйнштейн 344—346, 349, 350, 353,
357
Энгельс Ф. 10, 61, 69, 149, 157,
221—223, 323, 335, 354, 356,
375—377
Эразм Роттердамский 70
Эратосфен 31, 32, 41

Юлий Цезарь 37

Юрий Григорьевич Перель

Развитие представлений о вселенной
М., ФИЗМАТГИЗ, 1962 г., 392 стр. с илл.

Редактор *Н. П. Ерпылев.*

Техн. редактор *В. Н. Крючкова.*

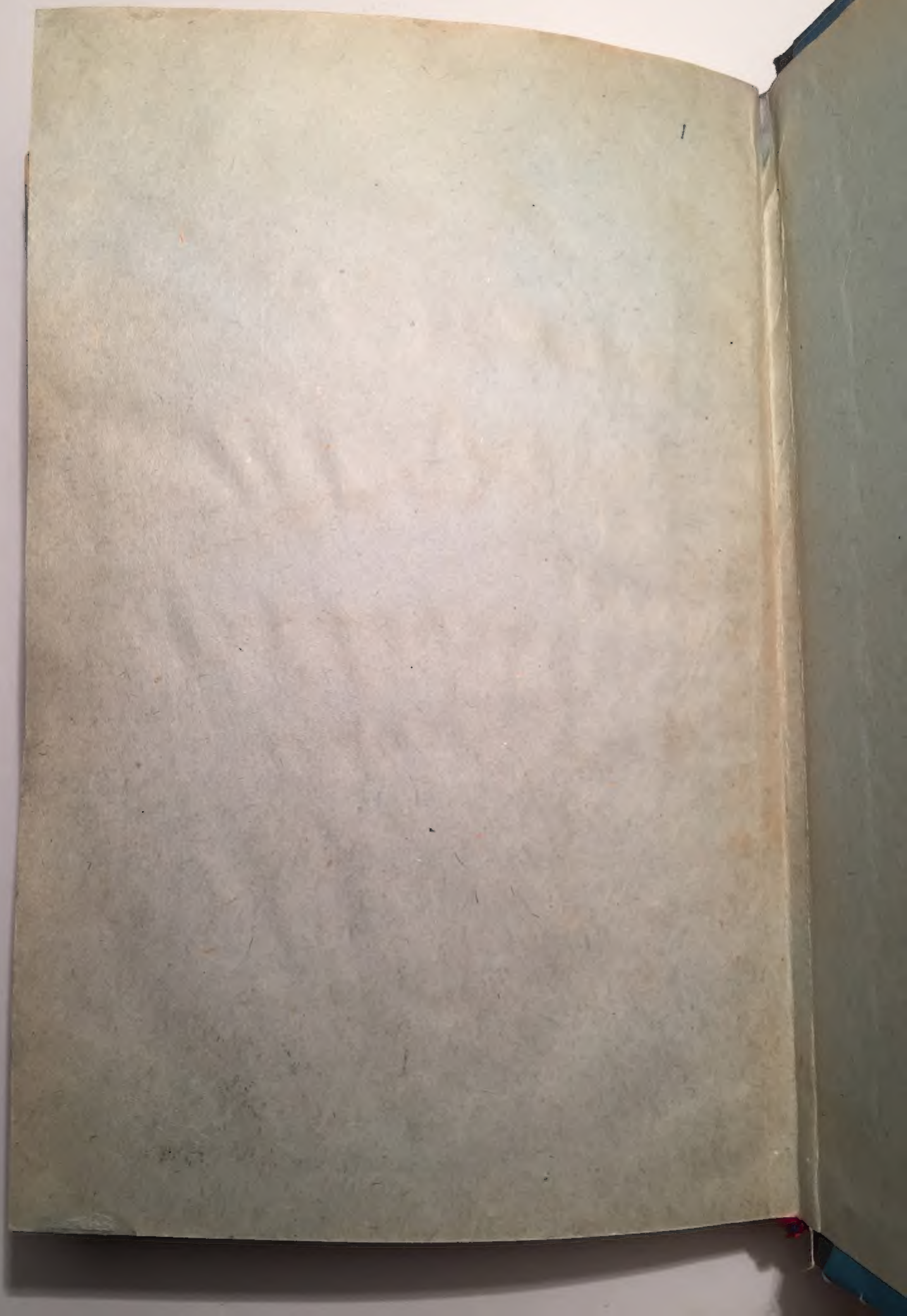
Корректор *Т. С. Страхова.*

Сдано в набор 28/XI 1961 г. Подписано к печати 1/III 1962 г. Бумага $84 \times 108^{1/32}$. Физ. печ. л. 12,25. Условн. печ. л. 20,09. Уч.-изд. л. 20,38. Тираж 15 000 экз. Т-00965. Цена книги 71 коп. Заказ № 2433.

Государственное издательство
физико-математической литературы.
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова
Московского городского совнархоза.
Москва, Ж-54, Валовая, 28.

Отпечатано в гос. типографии
им. В. Капсукас-Мицкявичюс, г. Каунас,
пр. Ленина, 23. Зак. № 1007.



БИБЛИОТЕКА №3-2



0 980003 930682

Цена 71 коп.

РАЗВѢТІЕ ПРѢСТАВЛЕНІЯ О ВСЕАЕЛИИ

О
ПРЕСТАВЛЕНІИ
О
ОБРАЗЕ